



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES



“Análisis de la Calidad de Servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA 450 de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT. EP.) en la provincia del Cañar”

Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

Autores:

Jorge Luis Bravo Farfán

Mirian Susana Mendoza Neira

Director:

Ing. Sofía Priscila Arévalo Maldonado

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Cuenca – Ecuador
desde 1867
2013

Resumen

En el presente proyecto de grado se realiza un estudio de la evolución y estado actual del servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA 450 en la provincia del Cañar, a través de la evaluación de los parámetros técnicos más importantes del sistema. Para alcanzar el objetivo planteado se realizan diagramas de cobertura de cada nodo de la provincia, medición de potencia *in situ* en los terminales de usuario en diferentes lugares, comparación de la cobertura obtenida vía software con la que realmente existe dentro de la provincia, monitoreo del tráfico cursado por las distintas BTS de la provincia, y test de llamadas donde se evalúa el tiempo de establecimiento y calidad de las llamadas que se originan o ingresan al sistema. Además se identifica los diferentes problemas que causan degradación del servicio y las zonas de la provincia donde éste se ve afectado.

Para concluir se presenta un conjunto de soluciones que ayudarían a mejorar la calidad del servicio brindado, soluciones que se basan en el análisis de los resultados de las diferentes pruebas y mediciones obtenidas durante el desarrollo del presente trabajo.

Palabras Clave:

CDMA 450, Calidad de Servicio, Wireless Local Loop (WLL), test de llamadas, medición de parámetros de señal, diagramas de cobertura, CNT. E.P. Cañar, Radio Mobile,

Abstract

This graduation project performs a study about the CDMA 450 wireless fixed telephone service evolution and actual state in the Cañar province, through the evaluation of some technical system parameters. In order to get the main goal it develops coverage diagrams of every node in the province, it makes measurement of received power in the user terminal in different places, it realizes comparison between software coverage diagrams and real coverage, it makes a node traffic monitoring and test calls where it evaluates the establishing time and drop calls in the system. Also it identifies the causes of the service degradation and the geographical zones where it is affected.

Finally this document presents a set of solutions in order to enhance service quality; these solutions are based in the test outcome analysis developed during this project.

Key Words:

CDMA 450, Service Quality, Wireless Local Loop (WLL), call test, signal parameter measurement, coverage diagram, CNT. E.P. Cañar, Radio Mobile.



Índice General

PRÓLOGO	19
Antecedentes	21
Justificación.....	22
Alcance.....	22
Objetivo General.....	23
Objetivos Específicos	23
PARTE II	25
Capítulo 1	26
Descripción Técnica del Sistema CDMA 450	26
1.1 Introducción a la tecnología CDMA.	27
1.2 Características de CDMA.	28
1.2.1 Control de Potencia.	31
1.2.2 Hand Off:	31
1.2.3 Capacidad:	33
1.2.4 Estructura CDMA (Arquitectura).....	33
1.2.5 Procesamiento de llamadas.	36
1.2.6 Evolución de la tecnología CDMA.....	38
1.3 Sistema CDMA 2000.....	39
1.3.1 Definición y Funcionamiento del sistema CDMA 2000	39
1.3.2 Arquitectura del Sistema CDMA 2000	40
1.4 Sistema CDMA 450.....	40
1.4.1 Definición y Funcionamiento del sistema CDMA 450.....	40
1.4.2 Arquitectura del Sistema CDMA 450	42
1.4.3 Ventajas de Usar el sistema CDMA 450 vs CDMA 2000.....	43
1.5 Tecnología EVDO.....	44
1.5.1 Definición.....	44
1.5.2 Arquitectura – Integración a la arquitectura CDMA	45
Capítulo 2	46



Descripción de la implementación del sistema CDMA 450 en la provincia del Cañar.	46
2.1 Introducción.	47
2.2 Etapa 1 de implementación.	48
2.2.1 Sr. Pungo.....	48
2.2.2 Carshao	49
2.2.3 Buerán:	50
2.2.4 La Troncal:.....	51
2.3 Etapa 2 de implementación.	52
2.3.1 San Nicolás	52
2.4 Etapa 3 de implementación.	53
2.4.1 Gualleturo	54
2.5 Etapa de implementación de EVDO	56
2.6 Características de los equipos instalados.....	56
Capítulo 3.....	58
Calidad de Servicio.....	58
3.1 Introducción:	59
3.2 Análisis de estándares internacionales sobre calidad de servicio para CDMA 450.....	60
3.2.1 ¿Qué es Calidad de Servicio?	60
3.3 Evaluación de la Red.	65
3.3.1 Indicadores de rendimiento.	65
3.3.1.1 FER.	66
3.3.1.2 Potencia de recepción en el terminal.	66
3.3.1.3 Ec/lo	67
3.3.1.4 Potencia de transmisión del terminal.	67
Capítulo 4.....	68
Levantamiento del estado actual de la red CDMA 450 en la provincia del Cañar.....	68
4.1 Introducción	69
4.2 Definición parámetros y metodologías para la evaluación del servicio CDMA 450	70
4.3 Metodología aplicada:	72
4.4 Levantamiento del estado actual de la red CDMA 450 en la Provincia del Cañar.	74



4.5	Muestreo de parámetros de la señal CDMA 450 en los diferentes sectores de la Provincia	87
4.6	Tráfico transportado por las BTS	96
4.7	Pruebas de llamadas:	105
Capítulo 5	.....	111
Propuestas para solución de los problemas y mejoras de la calidad de servicio.....		111
5.1	Problemas y soluciones comunes para redes de servicio CDMA450.	112
5.1.1	Señal disponible, pero no se puede realizar llamadas.....	112
5.1.2	Potencia variable en el terminal.	112
5.1.3	Llamadas caídas frecuentemente.	112
5.1.4	Dificultad para originar llamadas en horas pico.	113
5.2	Propuesta de mejoras en la red CDMA.....	113
5.2.1	Problema: Baja potencia en la zona “Ventura”.	113
5.2.2	Problema: Alta cantidad de tráfico en la BTS Sr. Pungo.	115
5.2.3	Problema: Zonas con baja potencia.	116
5.2.4	Problema: Sector no utilizado en Gualleturo.....	117
5.3	Conclusiones	122
5.4	Recomendaciones.....	124
Bibliografía	.....	125
GLOSARIO.....	.....	128
ANEXOS.....	.....	130
ANEXO 1 .....	.....	131
ANEXO 2 .....	.....	133
ANEXO 3.....	.....	145
ANEXO 4.....	.....	146
ANEXO 5.....	.....	149

Índice de Figuras:

<i>Figura 1.2-1: Métodos de Acceso al Medio (1)</i>	28
<i>Figura 1.2-2: DS-SS transmisor</i>	29
<i>Figura 1.2-3: DSS Receptor</i>	30
<i>Figura 1.2-4: Arquitectura CDMA One (2)</i>	34
<i>Figura 1.2-5: Procesamiento de llamada en CDMA (3)</i>	38
<i>Figura 1.3-1: CDMA multiportadora y uniportadora (4)</i>	39
<i>Figura 1.3-2: Arquitectura CDMA 2000 (2)</i>	40
<i>Figura 1.4-1: Sub-bandas CDMA 450</i>	42
<i>Figura 1.4-2: Arquitectura CDMA 450</i>	42
<i>Figura 1.5-1: Arquitectura CDMA -EVDO</i>	45
<i>Figura 2.2-1: BTS Sr Pungo</i>	48
<i>Figura 2.2-2: BTS Carshao</i>	49
<i>Figura 2.2-3: BTS Buerán</i>	50
<i>Figura 2.2-4: BTS La Troncal</i>	51
<i>Figura 2.3-1: BTS San Nicolás</i>	53
<i>Figura 2.4-1: BTS Gualleturo</i>	54
<i>Figura 2.4-2: BTS Mesaloma</i>	55
<i>Figura 3.2-1: Matriz de polos sobre la calidad de servicio (11)</i>	62
<i>Figura 4.4-1: Distribución de BTS's dentro y en las proximidades de la provincia</i>	77
<i>Figura 4.4-2: Patrón de Radiación antena Agisson usada en cada sector</i>	78
<i>Figura 4.4-3: Patrón de Radiación a usar</i>	78
<i>Figura 4.4-4: Paleta de colores a usar según la intensidad de la señal.</i>	79
<i>Figura 4.4-5: Diagrama de Cobertura Sr. Pungo</i>	80
<i>Figura 4.4-6: Diagrama de Cobertura Buerán</i>	81
<i>Figura 4.4-7: Diagrama de cobertura Carshao</i>	82
<i>Figura 4.4-8: Diagrama de cobertura La Troncal</i>	83
<i>Figura 4.4-9: Diagrama de Cobertura San Nicolás</i>	84
<i>Figura 4.4-10: Diagrama de cobertura Mesaloma</i>	85
<i>Figura 4.4-11: Diagrama de cobertura Gualleturo</i>	86
<i>Figura 4.5-1: Puntos de Cobertura Sr. Pungo</i>	89
<i>Figura 4.5-2: Puntos de Cobertura Buerán</i>	90
<i>Figura 4.5-3: Puntos de Cobertura Carshao</i>	91
<i>Figura 4.5-4: Puntos de cobertura La Troncal</i>	92
<i>Figura 4.5-5: Puntos de cobertura San Nicolás</i>	93
<i>Figura 4.5-6: Puntos de cobertura Mesaloma</i>	94
<i>Figura 4.5-7: Puntos de cobertura Gualleturo</i>	95
<i>Figura 4.7-1: Porcentaje de llamadas según tiempo de establecimiento. Llamadas a PSTN.</i>	108
<i>Figura 4.7-2: Porcentaje de llamadas según el tiempo de establecimiento. Llamadas a Call Center.</i>	108

<i>Figura 4.7-3: Porcentaje de llamadas según el tiempo de establecimiento. Llamadas a CDMA</i>	109
<i>Figura 5.2-1 Perfil Loma Caparina, Ventura.</i>	114
<i>Figura 5.2-2: Perfil La Esperanza, Ventura.</i>	115
<i>Figura 5.2-3: Perfil Gualleturo, inicio de Javin</i>	118
<i>Figura 5.2-4: Perfil Gualleturo, final de Javin.</i>	118
<i>Figura 5.2-5 Nuevo diseño de Cobertura de Gualleturo.</i>	119
<i>Figura 5.2-6 Propuesta de cobertura en Gualleturo.</i>	120

Índice de Tablas:

<i>Tabla 1.4-1: Comparación del número de celdas para</i>	44
<i>Tabla 2.2-1: Identificadores de cada BTS por sector.</i>	52
<i>Tabla 2.4-1: Identificadores por sector Etapa 3</i>	55
<i>Tabla 3.2-1: Parámetros para evaluar la calidad de servicio (12).</i>	64
<i>Tabla 4.3-1: Set de pruebas</i>	73
<i>Tabla 4.4-1 Herramientas utilizadas en los recorridos.</i>	74
<i>Tabla 4.4-2: Identificador de sectores de las BTS de la provincia del Cañar</i>	75
<i>Tabla 4.4-3: Identificadores de los sectores de las BTS's vecinas</i>	75
<i>Tabla 4.4-4: Potencia de cada sector. Datos obtenidos de CNT. EP.</i>	76
<i>Tabla 4.5-1 Simbología utilizada.</i>	88
<i>Tabla 4.7-1: Distribución de usuarios según localidad.</i>	106
<i>Tabla 4.7-2: Detalle de llamadas.</i>	107
<i>Tabla 4.7-3 Resumen por tipo de llamada Realizada.</i>	110
<i>Tabla 5.2-1 Costos de movilización Gualleturo</i>	121

Índice Anexos:

<i>Figura A- 1 Características Antena Agisson</i>	131
<i>Figura A- 2 Patrón de Radiación Antena Agisson</i>	131
<i>Figura A- 3 Características Antena Amphenol.</i>	132
<i>Figura A- 4 Patrón de Radiación Antena Amphenol.</i>	132



<i>Tabla A- 1 Puntos Sr. Pungo.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabla A- 2: Puntos Bueran.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla A- 3 Puntos Carshao.....</i>	<i>138</i>
<i>Tabla A- 4 Puntos San Nicolás.....</i>	<i>139</i>
<i>Tabla A- 5: Puntos Mesaloma.</i>	<i>140</i>
<i>Tabla A- 6 Puntos Gualleturo.</i>	<i>141</i>
<i>Tabla A- 7 Puntos La Troncal.....</i>	<i>142</i>
<i>Tabla A- 8 Puntos Bts Externas.</i>	<i>144</i>
<i>Tabla A- 9: Erlang B.....</i>	<i>145</i>
<i>Tabla A- 10 Tráfico por sector y portador Sr. Pungo.....</i>	<i>146</i>
<i>Tabla A- 11 Tráfico por sector y portador Bueran</i>	<i>146</i>
<i>Tabla A- 12 Tráfico por sector y portador La Troncal.....</i>	<i>147</i>
<i>Tabla A- 13 Tráfico por sector y portador La Troncal.....</i>	<i>147</i>
<i>Tabla A- 14 Tráfico por sector y portador San Nicolás.</i>	<i>147</i>
<i>Tabla A- 15 Tráfico por sector y portador Mesaloma.</i>	<i>148</i>
<i>Tabla A- 16 Tráfico por sector y portador Gualleturo.</i>	<i>148</i>
<i>Tabla A- 17 Pruebas de llamadas Realizadas a Convencional en PSTN.</i>	<i>149</i>
<i>Tabla A- 18 Pruebas de llamadas Realizadas a Convencional en PSTN.</i>	<i>150</i>
<i>Tabla A- 19 Pruebas de llamadas Realizadas al Call Canter (100).....</i>	<i>151</i>
<i>Tabla A- 20 Pruebas de llamadas Realizadas al Call Center (100).....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla A- 21 Pruebas de llamadas Realizadas a CDMA.</i>	<i>153</i>
<i>Tabla A- 22 Pruebas de llamadas Recibidas de Convencional en PSTN.</i>	<i>154</i>





UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Jorge Luis Bravo Farfán, autor de la tesis "Análisis de la Calidad de Servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA 450 de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT. EP.) en la provincia del Cañar", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 14 de octubre de 2013

Jorge Luis Bravo Farfán

0104125695

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Mirian Susana Mendoza Neira, autor de la tesis "Análisis de la Calidad de Servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA 450 de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT. EP.) en la provincia del Cañar", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 14 de octubre de 2013

Mirian Susana Mendoza Neira

0301630653

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Mirian Susana Mendoza Neira, autor de la tesis "Análisis de la Calidad de Servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA 450 de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT. EP.) en la provincia del Cañar", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 14 de octubre de 2013

Mirian Susana Mendoza Neira

0301630653

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Jorge Luis Bravo Farfán, autor de la tesis "Análisis de la Calidad de Servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA 450 de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT. EP.) en la provincia del Cañar", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 14 de octubre de 2013

Jorge Luis Bravo Farfán

0104125695

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



DEDICATORIA

A mi padre y a mi madre, base de cada una de mis metas, por su apoyo incondicional a lo largo de la realización del presente trabajo.

A mis hermanos, por compartir conmigo momentos de alegría y complicidad, por ayudarme siempre y darme las fuerzas necesarias para seguir adelante.

Jorge.



DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi familia, de manera especial a mi madre, pilar fundamental en mi educación y mi vida, quien con sus enseñanzas ha sabido hacer de mí una persona de bien.

Sussy

AGRADECIMIENTOS

A Dios, base de cada paso en mi vida, por
brindarme salud y energías para continuar
luchando por mis objetivos

A mis padres, por su apoyo económico pero
sobre todo moral y afectivo.

A mis hermanos, por la alegría compartida
cada día.

A la ingeniera Sofía Arévalo, nuestra
directora, por compartir sus conocimientos y
brindarnos todo el apoyo durante el desarrollo
de este trabajo.

A CNT E.P. por su apoyo y colaboración a
través del Ing. Jonathan Coronel, en la
realización de la presente tesis.

A Susana, gran amiga y compañera de tesis,
por su ayuda y apoyo en cada momento de la
realización del presente trabajo.

A Viviana, Belén, Andrea, Arturo, Miguel
Ángel, Marcelo y Carlos, compañeros de
estudio y amigos de la vida, quienes me
apoyaron y ayudaron a lo largo de mi carrera
universitaria.

Jorge.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, sin su bendición nada es posible.

A mi familia, por estar junto a mí en los momentos más importantes de mi vida.

A nuestra Directora, Ing. Sofía Arévalo, quien con su conocimiento y experiencia ha sabido acertadamente guiar el presente trabajo

Al personal de CNT. E.P., de manera especial al Ing. Jonathan Coronel Jefe Técnico de CNT. E.P. Cañar, por su invaluable apoyo al desarrollo del presente trabajo, nuestra gratitud imperecedera.

A Jorge, amigo y compañero de tesis, por su ayuda y compromiso en la elaboración del presente trabajo

A mis amigos, por ser parte importante de mi vida.

Sussy

PRÓLOGO

El presente trabajo, Tesis de pregrado titulada: “Análisis de la Calidad de Servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA 450 de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT. EP.) en la provincia del Cañar” tiene como objetivo evaluar diferentes parámetros técnicos para determinar la afectación de los mismos en la calidad del servicio prestado y a través del análisis de estos poder brindar soluciones que mejoren el servicio. La idea surgió como una respuesta a la cantidad de reclamos que se registran en las oficinas de CNT EP en sus diferentes agencias a nivel provincial y a través del Call Center 1800-100-100.

El sistema CDMA 450 permite brindar servicio de telefonía fija haciendo uso de la interfaz aire como última milla, de esta forma posibilita la expansión del acceso universal a los sectores más alejados y donde la geografía es el factor limitante para el desarrollo tanto tecnológico como social y cultural de los pueblos. Al ser un sistema de última milla inalámbrica se ve afectado por muchos más agentes que en una red de cobre convencional, como son la interferencia del mismo sistema por cercanía de BTS o también debido a la alta propagación de la señal, geografía limitante, y problemas con los equipos terminales. Por estas razones se vio necesario el monitoreo del servicio en las diferentes localidades de la Provincia del Cañar, donde se realizó un registro de niveles de potencia de recepción en los terminales de usuario, cobertura de las BTS, la capacidad para realizar y recibir llamadas y el tiempo de establecimiento de las mismas, así como también determinar la probabilidad de llamadas bloqueadas en base al tráfico que maneja cada sector.



Se crearon además mapas de cobertura por nodo usando la herramienta Radio Mobile y los datos correspondientes a cada BTS como azimuts, potencia, altura, tipo de antena, etc. para determinar las localidades donde debería brindarse un buen servicio según el nivel de potencia y cobertura de cada BTS.

Finalmente se realizan varias propuestas para mejorar el servicio en lugares, donde según las visitas y pruebas de llamadas realizadas, se han identificado varios problemas por lo que la calidad del mismo se ha visto degradada.

Antecedentes

La telefonía fija ha venido siendo por mucho tiempo una de las formas de comunicación más importantes en el país, es así que se ha cubierto gran parte del territorio nacional con las redes de cobre para brindar este servicio. Además el hecho de que las tarifas de la telefonía fija son mucho más accesibles para los ciudadanos (USD 0,04 centavos por minuto en los sectores urbano marginales) comparadas con las tarifas de telefonía móvil, hacen necesario la difusión de este servicio sobre todo en las áreas rurales del país donde el factor económico juega un papel importante en el progreso de estos sectores.

El inconveniente para poder brindar el servicio de telefonía fija en las zonas rurales y distantes de centrales o nodos, es el alto costo de la construcción de red de planta externa, que podría variar entre 400 y 700 dólares por abonado dependiendo de la distancia y obras civiles a ejecutarse. A esto se suma que las atenuaciones en el cobre debido a la distancia hacen que el servicio no presente las condiciones adecuadas para garantizar una buena calidad a los usuarios finales.

Por esta razón es que CNT en el año 2009 inicia con un proyecto para brindar servicio de telefonía fija inalámbrica en las provincias de Azuay, Cañar, Morona Santiago, Loja y Zamora Chinchipe, con una primera etapa que consistía en brindar servicio de telefonía a 20.000 abonados con la implementación de la telefonía fija inalámbrica CDMA en la banda de 450MHZ.

De esta manera se instala la primera etapa en la provincia del Cañar con las BTS en los sectores de “Señor Pungo”, “Buerán”, “Carshao” y “La Troncal”, aproximadamente 6000 abonados distribuidos entre las cuatro BTS´s que cubrirían los sectores rurales en la provincia del Cañar en donde no se cuenta con red de cobre.

Con la puesta en operación de este sistema se pudo evidenciar una gran demanda de la telefonía fija inalámbrica, como también la necesidad de ampliar el área de cobertura y brindar servicio de internet con esta tecnología, por lo que en una segunda etapa, para descongestionar la BTS de Señor Pungo y ampliar la prestación del servicio a las parroquias orientales del cantón Azogues, se instalan las BTS en San Nicolás y Santa Rita.

Una vez implementada la segunda fase se incrementa sobre todo el requerimiento de servicio de internet por parte de los abonados, por lo que se emprende en el año 2012 una tercera etapa evolucionando a la tecnología CDMA EVDO y la implementación de dos nuevas BTS en la Provincia una en “Mesaloma” y otra en “Gualleturo”, etapa que se encuentra en ejecución.

Justificación

Después de la implementación del servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA 450 en la provincia del Cañar se han ido presentando diversos problemas conforme este sistema ha ido evolucionando, es así que sectores donde inicialmente contaban con el servicio en excelentes condiciones, luego de las diferentes etapas de implementación se han visto afectados al punto de quedarse con un servicio intermitente, o en el peor de los casos sin servicio. Es por ello necesario evaluar la actual condición de la red, y determinar cuáles son las posibles causas que ocasionan los diferentes problemas que experimenta este servicio.

Alcance

Esta tesis se enfoca en medir diferentes parámetros de la señal de CDMA 450 como potencia de la señal, atenuaciones, área de cobertura, distancia, interferencias y otras que se definirán durante el desarrollo del presente trabajo. El estudio se enfocará en los sectores rurales de la provincia del Cañar donde se cuenta con este servicio y los resultados se analizarán bajo los criterios de calidad de servicio que dictan los estándares internacionales para telefonía inalámbrica CDMA 450 para así identificar los problemas que se presentan y determinar cuáles serían las medidas correctivas a aplicarse.

Objetivo General

Analizar y diagnosticar la calidad de servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA 450 en la provincia del Cañar, y determinar las acciones necesarias para corregir los problemas existentes en la red.

Objetivos Específicos

- Conocimiento del estado actual la red CDMA 450 existente en la provincia del Cañar.
- Analizar los efectos causados en la red debido a la evolución de las diferentes etapas de implementación del servicio.
- Determinar los parámetros específicos con los cuales se puede brindar el servicio en condiciones óptimas en la provincia del Cañar
- Realizar mediciones de campo de los diferentes parámetros de la señal del sistema CDMA 450 en la provincia del Cañar

- Determinar las áreas en las cuales se presentan problemas del servicio según las mediciones de campo y según los reclamos de los usuarios.
- Identificar cuáles son las posibles causas que ocasionan perdidas en el servicio
- Determinar las posibles soluciones que corrijan los problemas encontrados

De esta manera se pretende contribuir con soluciones técnicas que permitan mejorar el servicio a las áreas donde la geografía ha limitado el progreso de las redes de telecomunicaciones.



PARTE II



Capítulo 1

Descripción Técnica del Sistema CDMA 450

1.1 Introducción a la tecnología CDMA.

Durante el desarrollo de las telecomunicaciones inalámbricas el principal inconveniente ha sido el escaso recurso radioeléctrico, por lo que fue necesario que se desarrollen diferentes técnicas para que éste pueda ser compartido eficientemente entre los usuarios de la red. Las técnicas comúnmente utilizadas son TDMA (Time División Multiplexing Access – Acceso Múltiple por División de Tiempo), FDMA (Frequency Division Multiple Access – Acceso Múltiple por División de Frecuencia) y CDMA (Code Division Multiple Access – Acceso Múltiple por División de Código), y cada una de éstas han ido evolucionando conjuntamente con las tecnologías para comunicaciones móviles ofreciendo características únicas según el área en el cual se han especializado.

El sistema de Acceso Múltiple por División de Código, CDMA, tiene su origen en las comunicaciones militares, principalmente usado y desarrollado en la II Guerra Mundial; durante este período se investigó los beneficios del uso de la técnica de Espectro Ensanchado en las comunicaciones inalámbricas, entre las cuales se destaca la fortaleza de la señal frente al ruido, la seguridad que provee a la información, la baja potencia de la señal transmitida que puede ser casi comparable con el nivel de ruido de una señal, etc. Luego de esto en Estados Unidos se despliega todo un sistema celular con tecnología CDMA según el estándar IS – 95 (primer estándar para telefonía móvil celular basado en CDMA y desarrollado por Qualcomm). Comercialmente se conoció a este estándar como CDMA-ONE y se lo clasificó como un estándar de segunda generación debido a que estaba diseñado para transmitir voz y datos.

1.2 Características de CDMA.

El sistema de Acceso Múltiple por División de Código, es un método de acceso al medio en el cual la información se encuentra distribuida en el ancho de banda debido a que está codificada usando la técnica de Espectro Ensanchado; a diferencia de los otros métodos de acceso al medio como TDMA (Time Division Multiple Access) y FDMA (Frequency Division Multiple Access) donde cada usuario tiene asignado un espacio ya sea en tiempo o en frecuencia para transmitir, la técnica CDMA permite la transmisión de múltiples señales de información (múltiples usuarios) dentro de un mismo canal de manera simultánea, y cada señal se puede diferenciar de las demás por la codificación con la que fue transmitida.

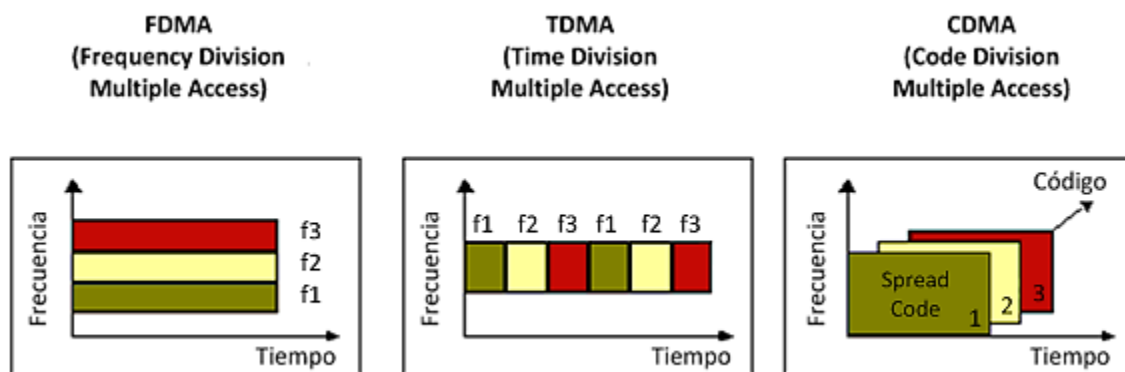


Figura 1.2-1: Métodos de Acceso al Medio (1)

La técnica del Espectro Ensanchado o Spread Spectrum (S.S.) fue desarrollada con el objetivo de evitar que la señal se vea afectada por interferencia y a su vez la información sea mucho más segura. Estos avances se lograron especialmente durante la Segunda Guerra Mundial donde era prioritaria la confidencialidad de la información. Esta técnica distribuye la señal sobre un ancho de banda mucho mayor al que usaría la información en banda base, con una baja potencia por unidad de ancho de banda. Para distribuir la información se usa un código de esparcimiento o Secuencia Pseudo-

Ruido (PN Pseudo noise) que es conocida por el transmisor y por el receptor en cuestión. Este código o secuencia es independiente de la información.

La técnica de Espectro Ensanchado usado en CDMA es DS-SS (Direct Sequence – Spread Spectrum – Espectro ensanchado por Secuencia Directa), esta técnica a diferencia de FH-SS (Frequency Hopping – Spread Spectrum – Espectro Ensanchado por Saltos de Frecuencia), permite la codificación de la señal de forma directa con una secuencia PN para un cambio rápido de fase en la portadora de la señal, en el caso de Frequency Hopping la señal es codificada usando una secuencia PN que permite saltos pseudo-aleatorios en la frecuencia portadora. Los códigos PN permiten la identificación de las señales de información ya que en el receptor se cuenta con una copia en fase del código PN por lo que las señales que se generaron con un código diferente al deseado se eliminan.

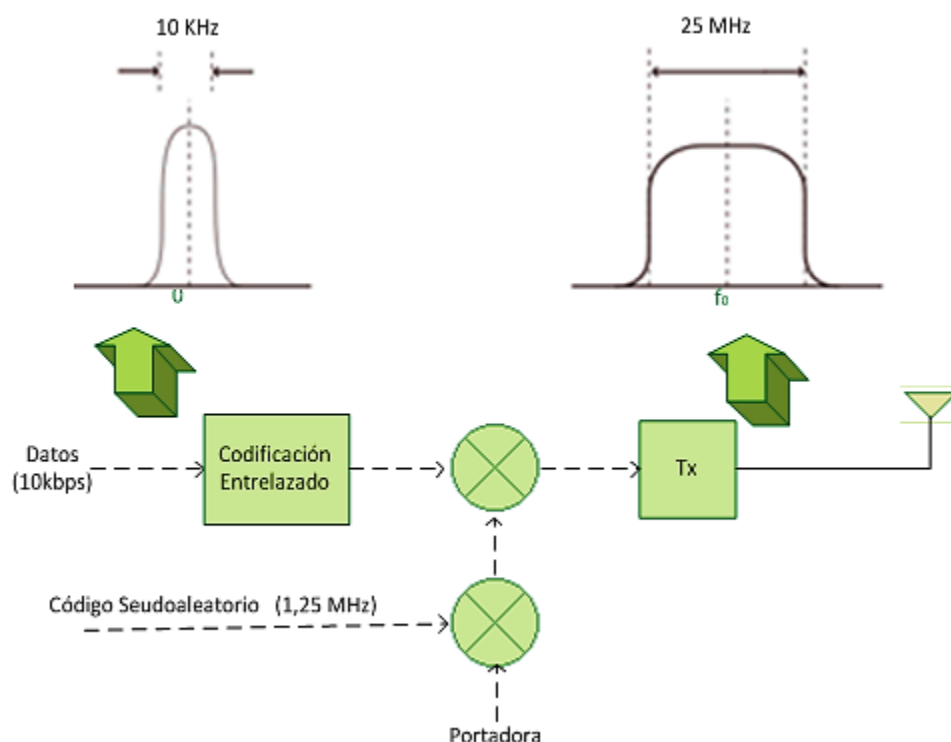


Figura 1.2-2: DS-SS transmisor

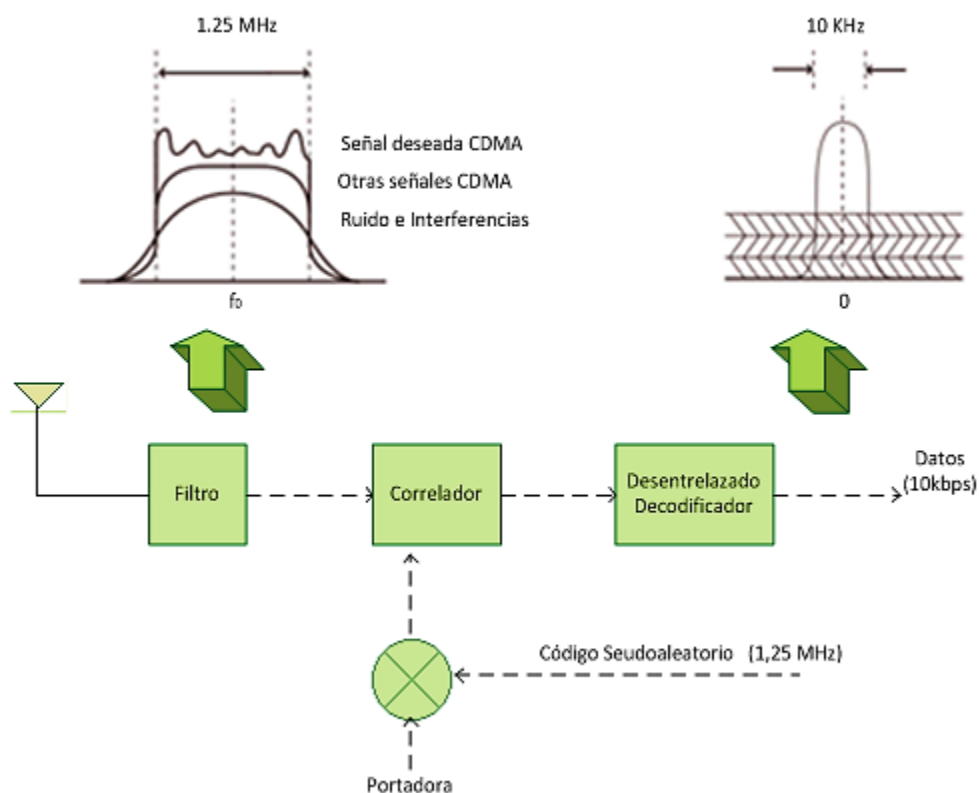


Figura 1.2-3: DSS Receptor

Los beneficios que agrega la técnica de Espectro ensanchado son las siguientes:

- Brinda seguridad a las comunicaciones ya que al ser codificadas con un código PN único un interceptor difícilmente descifrará la información a menos que tenga la réplica del código PN original.
- Al expandir la señal en un ancho de banda permite la potencia de la señal también sea dispersada, por lo que llega a confundirse con ruido AWGN lo que brinda a la señal una baja probabilidad de detección. Este mismo efecto hace que la señal sea mucho más fuerte a los efectos de interferencia ya sean estos por multitrayecto, ruido térmico, otras señales en el mismo medio de transmisión, etc.
- Además cada usuario usa un código diferente por lo que el ancho de banda puede ser compartido por diferentes usuarios a la vez, pero esto puede ser un

limitante ya que al ser alto el número de usuarios existirá mayor interferencia y por lo tanto será difícil recuperar la información original.

- La capacidad de detectar actividad de voz en el canal es una de las ventajas que ayuda a incrementar la capacidad del sistema, ya que durante una conversación existen pequeños periodos de tiempo en los cuales no existe actividad de voz en el canal, por lo que los equipos terminales dejan de transmitir en esos instantes, alargando la vida útil de la batería.

1.2.1 Control de Potencia.

Las señales en un medio multiacceso sufren degradación por otras señales dentro de la misma celda y de celdas vecinas, así como también sufren desvanecimiento por distancia, interferencia por distintos factores en el medio en el cual se transmite, etc. Esto hace que el nivel de potencia de la señal de información se vea afectado, y ocurre que el equipo terminal que está más cerca de la BTS alcanza la BTS con una señal mucho más potente que el que está más lejos, esto causa serios problemas al sistema de comunicación. Por lo tanto el sistema CDMA implementa métodos para el control de potencia de manera que en el canal de subida la BTS obtenga siempre una señal con la potencia mínima necesaria para una comunicación óptima. Esto se puede realizar de dos maneras: en la primera forma (Lazo Abierto) el equipo terminal mide la potencia de la señal en el canal de bajada y realiza un ajuste a la señal del canal de subida; en la segunda forma (Lazo cerrado) la BTS indica constantemente el nivel de potencia que debería tener la señal del equipo terminal en el canal de subida para que este realice el ajuste necesario.

1.2.2 Hand Off:

El Hand Off es un proceso que ocurre cuando la potencia y la calidad de la señal que llega al equipo terminal está por debajo de un umbral determinado, por lo

tanto el equipo terminal debe buscar una nueva BTS o una nueva celda cuya señal sea lo suficientemente fuerte para poder operar de manera eficiente. Este proceso ocurre en todos los sistemas de acceso al medio y cada sistema usa un tipo específico de hand off.

El sistema CDMA soporta los siguientes tipos de hand off:

Soft Hand Off: ocurre cuando el equipo terminal permanece conectado a 2 o más BTS's durante el proceso de hand off, en este caso se mantienen activos varios canales de tráfico, uno por cada BTS, por los cuales se está transmitiendo la información. De esta manera la comunicación nunca es interrumpida ya que la transmisión es continua.

Softer Hand Off: este tipo especial de hand off ocurre cuando el móvil salta o cambia a otro sector dentro de la misma celda.

Hard Hand Off: ocurre cuando el equipo terminal al hacer la transición de una BTS a otra, primero se desconecta del canal de tráfico en la BTS inicial y luego se conecta con la BTS final, en este caso si hay un corte en la transmisión ya que existe un pequeño lapso de tiempo en el cual el terminal no se encuentra conectado a ninguna BTS. En CDMA este tipo de hand off se puede dar cuando se trata de una transición entre 2 portadoras CDMA, por ejemplo una transición entre 2 operadores CDMA. A este tipo se lo conoce como CDMA to CDMA hand off.

Para la realización del hand off se utiliza la técnica MAHO (mobile assisted hand off) la cual consiste en la medición de la relación señal al ruido (SNR) en el móvil, y posterior reporte a la BTS, ésta a su vez envía esta información al MSC (Mobile Switching Center) y éste es quien toma la decisión de realizar el hand off.

1.2.3 Capacidad:

El sistema CDMA se ve limitando en capacidad por la interferencia existente en el medio, sea ésta por factores externos o por la cantidad de usuarios en el canal, que puede degenerar las señales más débiles de los usuarios. La cantidad de usuarios por canal está definida por la fórmula:

$$Tu \approx \frac{\frac{W}{R}}{\frac{Eb}{No}}$$

Donde **Tu** representa el número de usuarios totales, **W** el ancho de banda, **R** la tasa de bits, **Eb/No** la relación señal al ruido. Esta relación está establecida para el caso de una sola celda, en caso de varias celdas se debe considerar la interferencia generada por otros usuarios por lo que la relación señal al ruido se ve afectada de la siguiente manera:

$$\frac{Eb}{No} = \frac{1}{Tu - 1} * \frac{W}{R} * \frac{1}{\eta + 1} * \lambda * \frac{1}{v}$$

Donde η representa el factor de carga de la celda, λ representa la ganancia de sectorización y v representa el factor de actividad de la voz.

1.2.4 Estructura CDMA (Arquitectura)

La red CDMA contiene diferentes elementos que hacen posible el funcionamiento de este sistema, éstos se describen en el siguiente gráfico:

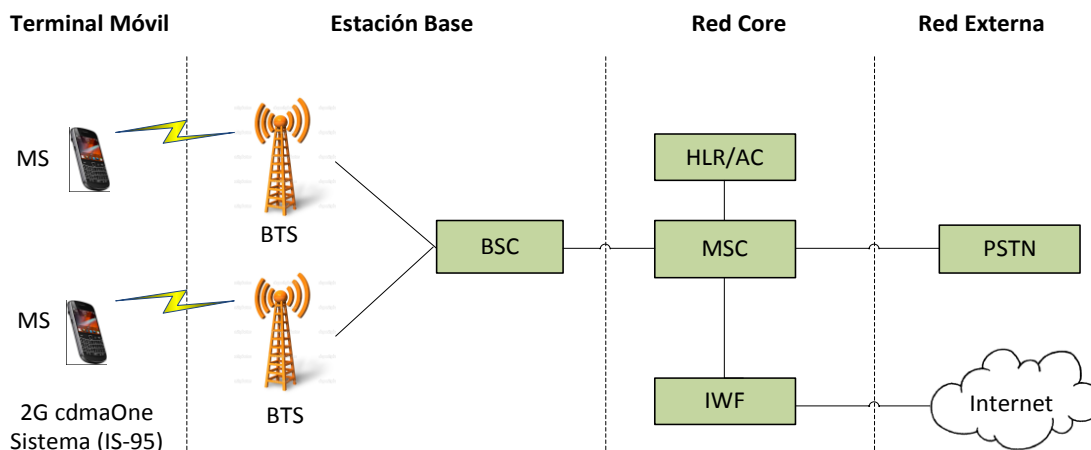


Figura 1.2-4: Arquitectura CDMA One (2)

Los elementos dentro de esta arquitectura son:

MS (Mobile Station): se trata del terminal móvil del usuario, éste está enlazado a una BTS que es mediante la cual establece la comunicación.

BTS (Base Station Transceiver): es la encargada de realizar la comunicación ente el móvil y la BSC.

BSC (Base Station Controller): está encargado de los enlaces ente MSC y BTS y tiene también funciones de control como handover, control de potencia en las BTS y se encarga de varias BTS's a la vez.

MSC (Mobile switching Center) se encarga de la parte de señalización de canales, interfaces de la red y sobretodo de las funciones de conmutación de telefonía. Esta se comunica a su vez con la PSTN (Public Switched Telephone Network) para redirigir el tráfico en caso de ser necesario.

HLR (Home Location Register): se trata de la base de datos para almacenar a los suscriptores, estos datos son permanentes y entre las características que se guardan en el HRL está la información de ubicación, perfiles del abonado, y el estado actual del móvil.

VLR (Visitor Location Register): en esta base de datos se guardan datos temporales de usuarios y que son necesarios para brindar servicio a aquellos que están en una zona geográfica diferente a la que habitualmente se encuentran. En este caso el móvil al estar en un área cubierta por un nuevo MSC necesita que sus datos sean compartidos temporalmente al VLR de manera que pueda tener servicio.

AC o AuC (Authentication Center): éste es el encargado de determinar los parámetros que permitan verificar la identidad de un usuario. Los parámetros de autenticación y encriptación son importantes porque brindan seguridad y confidencialidad a la comunicación además de prevenir fraudes a los operadores.

IWF: (Interworking fuction): es un Gateway entre la red móvil y la infraestructura de datos, nos permite dirigir las llamadas desde y hacia la nube de internet.

En CDMA existe el reuso universal de frecuencia, que no es otra cosa que el uso de una misma frecuencia en todas las celdas (factor de reuso = 1), esto se debe a que al usar la técnica de Espectro Ensanchado se tiene la posibilidad de transmitir diferentes señales al mismo tiempo en una misma frecuencia, cada una de ellas claramente identificables por un código PN único.

La sectorización de celdas en este caso tiene como objetivo reducir la interferencia por múltiple acceso, las diferentes pérdidas que se generan durante la trayectoria no afectan considerablemente a la señal como ocurre en los sistemas convencionales que cuentan con un factor de reuso de frecuencia distinto de 1. Otra característica que aumenta la capacidad del sistema es la detección de actividad en la voz, esto quiere decir que durante una conversación habrán periodos de tiempo en los cuales ninguno de los terminales estará enviando información, por lo que se usa estos instantes para enviar la información

de otro usuario que necesite el recurso, y esta misma característica le permite reducir la interferencia por multiacceso.

1.2.5 Procesamiento de llamadas.

Dentro del sistema CDMA existen varias etapas por las cuales debe pasar el terminal móvil antes de poder realizar una llamada, aquí describimos el proceso a seguir:

Estado de inicialización del sistema: este estado ocurre cuando el terminal móvil es encendido, en este instante el dispositivo busca el sistema con el que va a trabajar, en este caso CDMA, busca el canal piloto del sistema seleccionado y luego de esto el móvil busca el canal de sincronización por donde recibirá parámetros de configuración y temporización.

Estado Idle: en esta etapa el equipo terminal se encuentra monitoreando el canal de paging y puede recibir de la BTS parámetros de configuración en caso de iniciar una llamada o recibir una. En este estado se da un tipo de hand off cuando el terminal móvil se desplaza de una BTS a otra y por lo mismo encuentra un piloto con mayor intensidad que el actual, por lo que decide cambiarse a este nuevo piloto. En este estado el móvil puede monitorear el canal de dos maneras: la primera, conocida como nonslotted, se trata de un monitoreo constante del canal. La segunda, o slotted, consiste en el monitoreo solamente en slots determinados en el canal de paging. La ventaja de este segundo tipo es que permite el ahorro de la batería del móvil.

Estado de acceso al sistema: en este estado ocurre un intercambio de parámetros necesarios para el inicio de una llamada o la recepción de una llamada, entre la BTS y el móvil. Lo que primero realiza el terminal móvil cuando entra en este estado es comprobar si los mensajes de configuración que recibió están actualizados. Cuando recibe un mensaje de paging el terminal busca si éste contiene un IMSI (International Mobile Subscriber Identity), si el mensaje contiene un IMSI entonces responde con otro mensaje de paging y la BTS enviará la configuración para iniciar una llamada. Para el caso de que desee realizar una llamada el procedimiento es similar ya que el dispositivo envía un mensaje a la BTS a través del canal de paging indicando el requerimiento y ésta a su vez devuelve los parámetros de configuración al móvil. En este estado también se envían mensajes de registro por parte del móvil, que incluyen datos de ubicación, estado, etc.

Cuando hay muchos usuarios intentando enviar mensajes por el canal de acceso, como generalmente ocurre, se pueden dar colisiones que concluyen en pérdida de información. Para esto se diseñó el sistema de tal forma que tenga varios canales de acceso, y el móvil escoge aleatoriamente el canal, además el tiempo de espera para volver a acceder al canal también es aleatorio, de esta forma se reducen las colisiones.

Estado de canal de tráfico: una vez iniciada una llamada, el móvil entra en el canal de tráfico. Aquí a más de la información se intercambian datos de potencia.

Lo que primero realiza el móvil en este estado es verificar si puede enviar y recibir información por el canal de tráfico asignado. Luego de esto entra al estado en el cual se desarrolla la conversación y por lo mismo el intercambio de información, y finalmente la BTS o el móvil envían un mensaje para la terminación de la comunicación, dependiendo de si la llamada fue para el móvil u originada desde el móvil.

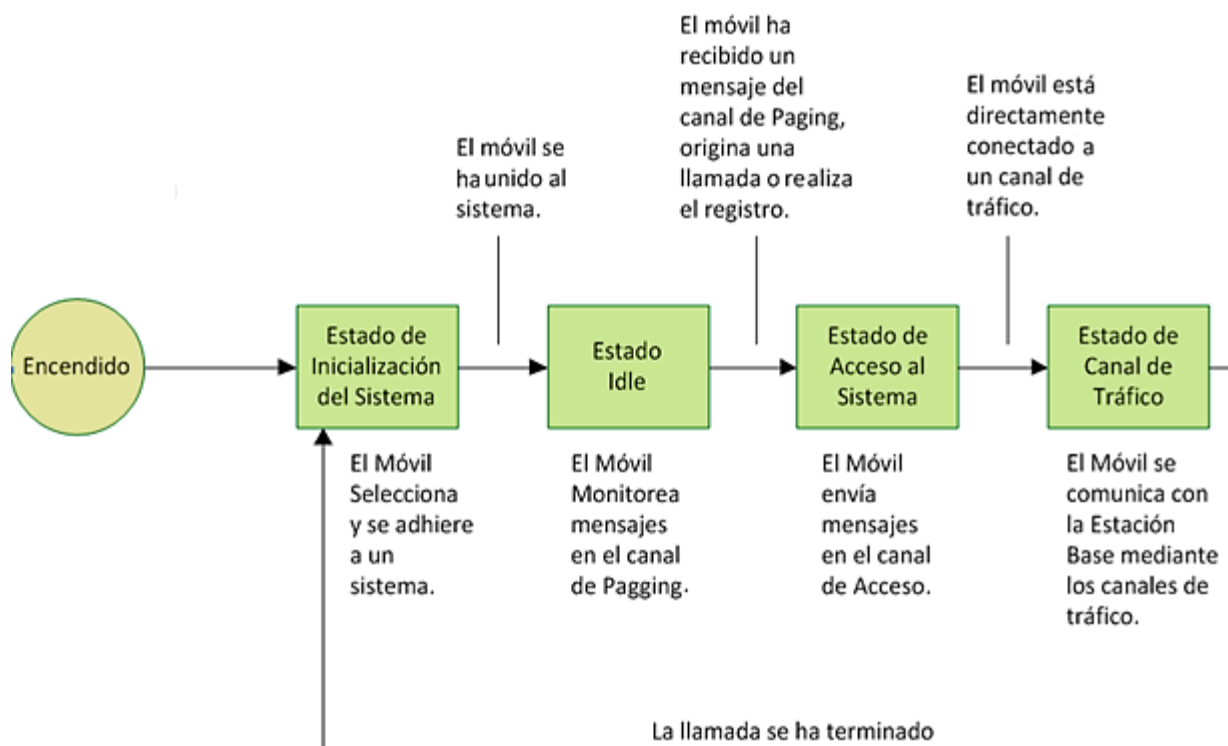


Figura 1.2-5: Procesamiento de llamada en CDMA (3)

1.2.6 Evolución de la tecnología CDMA

El sistema CDMA – ONE (IS-95) se ve limitado ante las nuevas demandas de los usuarios como son la transmisión de datos, el sistema CDMA fue originalmente pensado para transmitir voz, pero para transmitir datos es necesario nuevas mejoras, que cumplan con lo establecido por la ITU para ser considerado un sistema 3G, éste es el sistema CDMA 2000.

Un sistema 3G no solamente brinda servicios de voz, también incluye servicios de internet y fax, y la posibilidad de usarlos en cualquier parte del mundo gracias a la capacidad del roaming internacional. Sobre estas posibilidades se han ofrecido más servicios de valor agregado como multimedia, entretenimiento, etc.

1.3 Sistema CDMA 2000

1.3.1 Definición y Funcionamiento del sistema CDMA 2000

La ITU (International Telecommunication Union) pretendía crear un único estándar para las comunicaciones 3G, denominado IMT-2000, pero al final terminó aceptando 5 sistemas que cumplen con las características del IMT 2000 entre ellas el sistema IMT Multicarrier o CDMA 2000. (4)

Este sistema tiene las siguientes características:

- Velocidad de datos entre 9.6kbps hasta 2 Mbps.
- Sistema de Voz y VoIP.
- Servicio de Datos: la transmisión puede ser TCP o UDP, emulación de circuitos de banda ancha como acceso dial up y aplicaciones sobre ATM (5).

Este sistema puede trabajar usando una o varias portadoras, si el sistema es multiportadoras cada portadora debe estar separada por 1.25MHz y un ancho de banda total de 5MHz. Si el sistema usa solo una portadora entonces esta tendrá un ancho de banda de 5MHz.

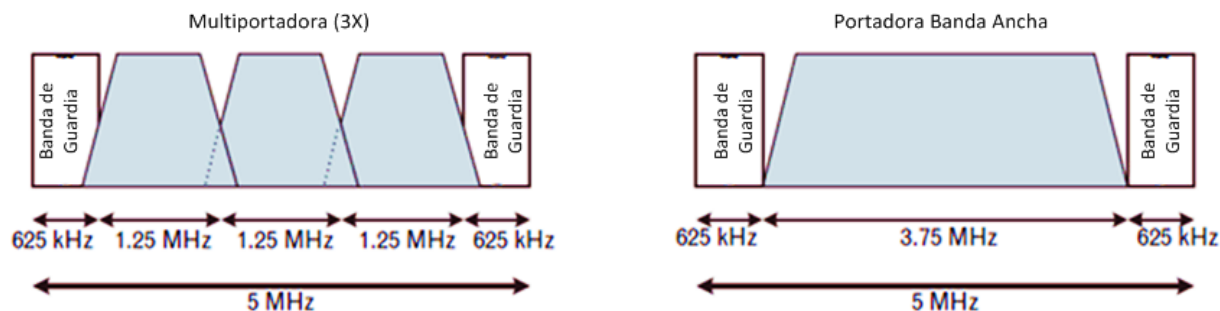


Figura 1.3-1: CDMA multiportadora y uniportadora (4)

1.3.2 Arquitectura del Sistema CDMA 2000

En el sistema CDMA 2000 se agregan nuevos elementos a la red CDMA 1x como son:

AAA server: Este servidor AAA se encarga de las tareas de autenticación, autorización y accounting brindando mayor seguridad a las comunicaciones.

PDSN y PDGN: Packet Data Serving Node y Packet Data Gateway Node son las partes de la red encargadas de la interconexión hacia la nube de internet del sistema CDMA 2000.

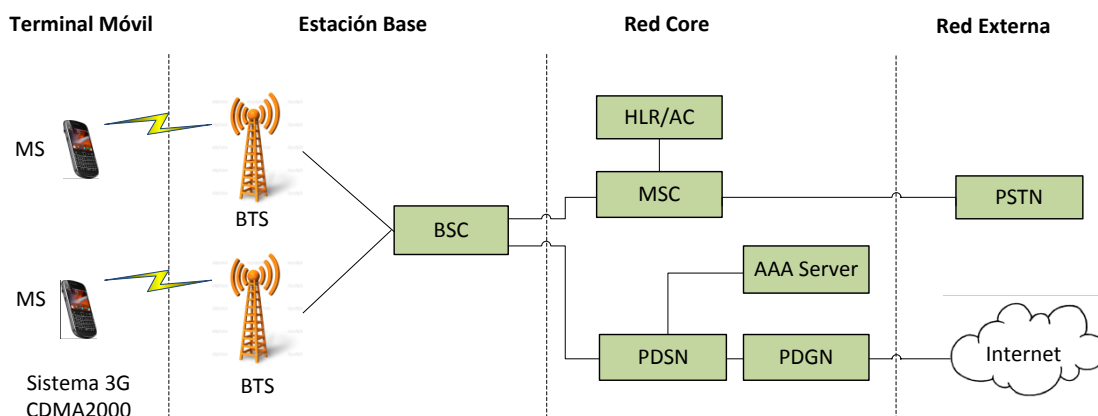


Figura 1.3-2: Arquitectura CDMA 2000 (2)

1.4 Sistema CDMA 450

1.4.1 Definición y Funcionamiento del sistema CDMA 450

El sistema CDMA 450 no es más que la tecnología CDMA 2000 empleada en la banda de 410-470 MHz. Esta implementación se desarrolló por el CDMA Development Group para zonas de baja densidad poblacional siendo la única tecnología 3G aplicada comercialmente en esta banda de frecuencia.

CDMA 450 usa códigos matemáticos para distinguir las distintas conversaciones entre terminales y estación base bajo un mismo intervalo de frecuencia. Siguiendo los principios de CDMA cada código es único para cada usuario y sus valores de correlación son muy bajos, razón por la cual cada receptor es capaz de seleccionar la señal deseada del transmisor.

Debido a que en la tecnología CDMA los usuarios comparten una misma porción del espectro de manera simultánea, el control de potencia se vuelve esencial para la correcta operación del sistema. El mismo implica un control de proximidad entre el terminal y la estación, permitiendo que la comunicación transmita únicamente la potencia necesaria para realizar la comunicación. De esta manera la estación base envía información a los terminales sobre la potencia y calidad de la señal recibida en cada instante de acuerdo a las características de propagación.

Un efectivo control de potencia permite reducir el consumo de energía en los terminales, así como también se optimiza la capacidad del sistema permitiendo que más usuarios ingresen al sistema.

Dado que CDMA 450 utiliza la misma frecuencia de operación con códigos individuales para cada usuario, permite que no se den interrupciones en la comunicación para usuarios que transitan entre celdas, el ya previamente explicado Soft handoff.

Por último, el patrón de reuso de frecuencias permite utilizar al máximo el espectro asignado en tanto no se repita el código de cada usuario ya que en este caso no existe interferencia en el canal.

La banda de 450 MHz incluye sub-bandas en los rangos de frecuencia 410-430 MHz, 450-470MHz y 470-490 MHz.

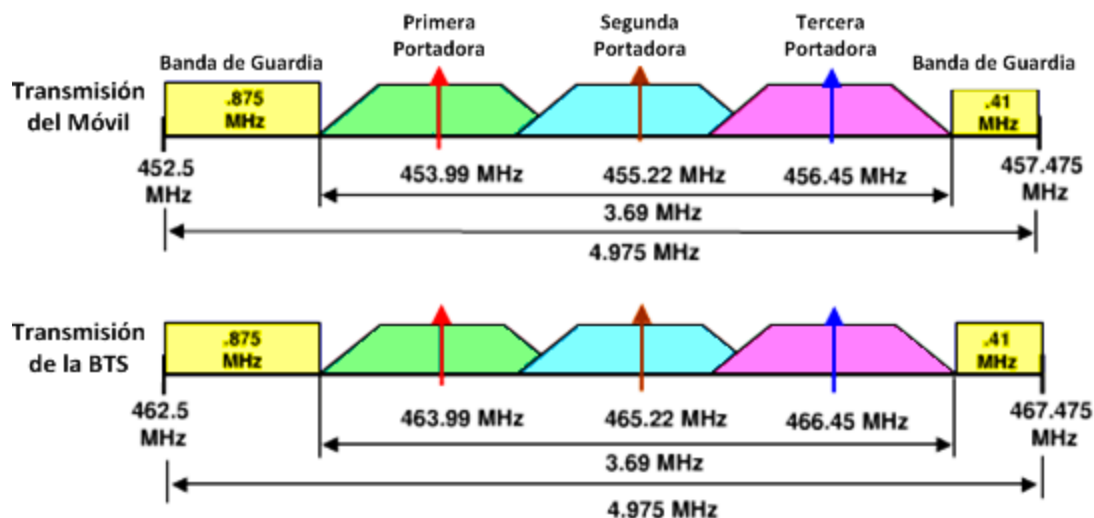


Figura 1.4-1: Sub-bandas CDMA 450

1.4.2 Arquitectura del Sistema CDMA 450

La Arquitectura CDMA 450 consta básicamente de los mismo elementos de CDMA 2000, además de los ya mencionados en las arquitecturas anteriores destacamos los siguientes elementos.

IP: Intelligent Peripheral, se encuentra en el MSC como una unidad física-integrada funcional de red.

HA: Home Agent: interfaz entre la red CDMA y la nube de internet.

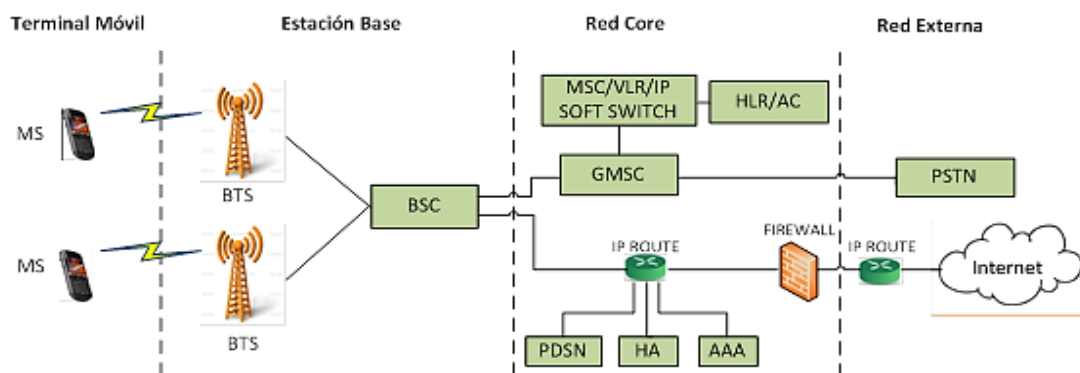


Figura 1.4-2: Arquitectura CDMA 450

1.4.3 Ventajas de Usar el sistema CDMA 450 vs CDMA 2000.

Considerando que CDMA450 nació como una forma de brindar servicios de banda ancha en zonas rurales, podemos enumerar las siguientes ventajas:

- **Cobertura:** Debido al rango de frecuencias en los que trabaja CDMA450, permite obtener un mayor radio de cobertura que otras tecnologías inalámbricas que utilizan frecuencias mayores. Lo cual se ilustra en la siguiente tabla.

Frecuencia (MHz)	Radio de celda (Km)	Área de Celda (Km ²)
450	48.9	7521
850	29.4	2712
1900	13.3	553
2500	10	312

Tabla 1.4-1: Comparación Radio y Área de Coberturas de diversas tecnologías. (6)

- **Menor número de estaciones base:** Debido a que el rango de cobertura es mucho mayor en la banda de frecuencias de 450 MHz, el número de estaciones base para cubrir una determinada zona se reduce con respecto a las tecnologías que utilizan frecuencias más elevadas. En la siguiente tabla se compara las diversas tecnologías que se pueden aplicar en zonas rurales y el número de estaciones base requeridas en cada una de ellas para cubrir un radio determinado (1000 km).

Tecnología	Frecuencia	Número de Celdas
WiMAX	2500 MHz	133
GSM/EDGE	900 MHz	75
WCDMA/HSPDA	2100 MHz	66
CDMA 1X	1900 MHz	41
CDMA 1X	800 MHz	27
EVDO Rev A/B	800 MHz	22
EVDO Rev A/B	450 MHz	15

Tabla 1.4-2: Comparación del número de celdas para cubrir un área de 1000 km con diversas tecnologías.

- **Costo de implementación menor:** Al contar con equipos que pueden lograr una mayor cobertura y requiriendo un número de estaciones base menor comparado con otras tecnologías CDMA450 presenta un costo de implementación menor comparado con tecnologías similares en frecuencias mayores.
- **Ideal en zonas rurales:** Debido a que la frecuencia de trabajo (450 MHz) se encuentra libre en zonas rurales, cosa que no sucede en el área urbana, donde generalmente se encuentra en utilización por otros tipos de servicios

1.5 Tecnología EVDO

1.5.1 Definición

CDMA 1x EVDO (Evolution Data Only o Evolution Data Optimized) es un estándar aplicado a redes CDMA para brindar servicio de banda ancha e internet, en teoría permite velocidades de descarga de hasta 2.4576 Mbps, aunque en la práctica no se alcanza esta velocidad.

EVDO divide los datos a transmitirse en paquetes, los mismos se envían de manera independiente entre sí, lo que permite ahorrar ancho de banda en la

comunicación que puede ser utilizado por otras aplicaciones. Aprovechando, por ejemplo los silencios en una comunicación de voz. Actualmente existe una revisión B de este estándar, el mismo permite en teoría velocidades de descarga sobre los 3 Mbps.

1.5.2 Arquitectura – Integración a la arquitectura CDMA

Para ser completamente compatible con CDMA 1x EVDO requiere un dispositivo multimodo de apoyo a la red IP y a la interfaz de aire. EVDO utiliza el modelo de arquitectura basado en el protocolo IP.

El usuario con un terminal EVDO se conecta a la BTS IP, la misma se conecta con la oficina central donde los controladores de la red manejan el tráfico necesario. Este tráfico es enviado a la red a través de un router.

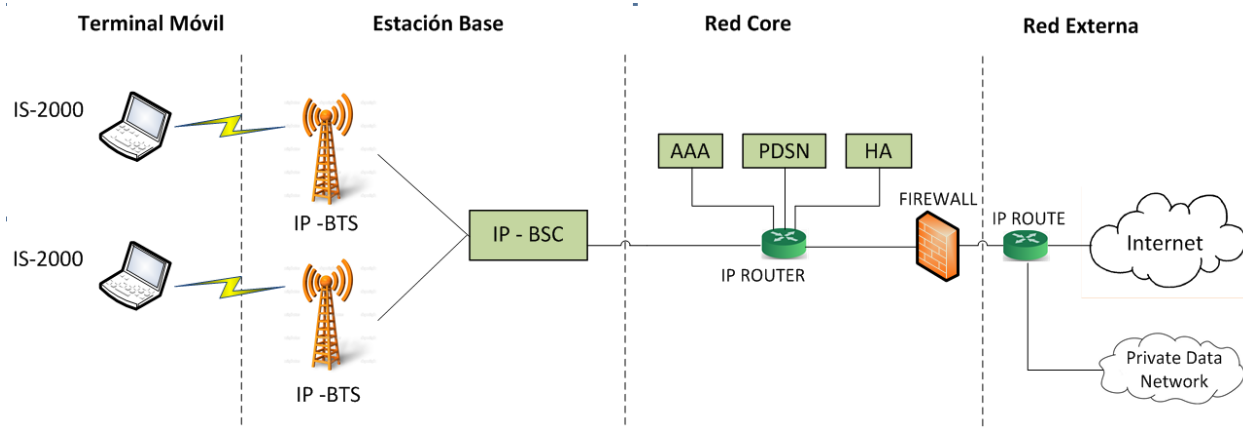


Figura 1.5-1: Arquitectura CDMA -EVDO

Capítulo 2

Descripción de la implementación del sistema CDMA 450 en la provincia del Cañar.

2.1 Introducción.

Una vez descrita la evolución de la tecnología CDMA y las ventajas y desventajas que presenta, en el presente capítulo se describe como se llevó a cabo la implementación del proyecto de telefonía fija inalámbrica usando la tecnología CDMA 450 en la provincia del Cañar, la misma que se dio en varias etapas según fue incrementando la demanda, se describen también las ubicaciones donde fueron implementados los nodos, la capacidad en líneas de abonado con las cuales fue dimensionado el proyecto y las localidades para las cuales cada nodo debería brindar cobertura.

El inicio de este proyecto ocurre en el año 2008 donde, en ese entonces PACIFICTEL, teniendo los correspondientes títulos habilitantes para el uso de la banda de 450 MHz implementó la plataforma Huawei CDMA 450 para brindar el servicio a las zonas rurales y urbano-marginales de las provincias de Azuay, Cañar, Loja, Morona Santiago y Zamora Chinchipe y cubrir una demanda total de 20.000 abonados entre todas las provincias.

En el 2009 el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) resuelve terminar anticipadamente con los contratos de los títulos habilitantes sobre el uso de la banda de 450 MHz existentes con ANDINATEL Y PACIFICTEL, y otorga la concesión a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones de la sub banda de frecuencias A-A', la misma que comprende las frecuencias 454.400-457.475Mhz para el uplink y 464.400-467.475Mhz para el downlink, para continuar la expansión del servicio universal. (6)

Previo a la instalación de equipos se realizan estudios de barrido de frecuencia por parte de la empresa contratista, para determinar posibles interferencias en las bandas a utilizar, estos estudios demuestran que es factible la instalación del sistema. Los equipos instalados en cada nodo así como los terminales de usuario son marca Huawei, y cada nodo fue instalado con 3 sectores para una mejor cobertura. La instalación de todo este proyecto se lleva a cabo en 3 etapas, que en la provincia del Cañar se dieron de la siguiente manera:

2.2 Etapa 1 de implementación.

Durante la primera etapa de implementación se instalan 4 nodos en toda la provincia que fueron distribuidos de la siguiente forma.

2.2.1 Sr. Pungo

Ubicado en los límites entre las provincias de Cañar y Azuay. En las coordenadas $S2^{\circ}48'19.4''$ $W78^{\circ}49'19.6'$ (S: Sur; W: Oeste) a 3.179mts sobre el nivel del mar, se instalan 3 sectores a un azimut de 0° , 105° y 270° respectivamente, a una altura de 30mts. Según la demanda se planeaba atender a los sectores rurales del cantón Azogues llegando a una capacidad total de 2.550 líneas. Las localidades consideradas dentro de este proyecto son: Zhullín, El Carmín, Opar Paccha, Cruz Loma, Bellavista, Mururco, Toctesol, Jatumpamba, Solano, Agüilan, Leonán, entre otros.



Figura 2.2-1: BTS Sr Pungo

2.2.2 Carshao

Ubicado en la parte norte del cantón Cañar, en las coordenadas S2° 26'23.18'' W 78°57'1.50' a 4.012mts sobre el nivel del mar se instalan 3 sectores a un azimut de 110°, 180° y 245° a 30mts de altura sobre una torre auto soportada y se instala un Rack tipo INDOOR. Este nodo se encargaría de cubrir las zonas rurales del cantón más grande que tiene la Provincia, y se proyectó que se llegaría a un total de 1.640 líneas repartidas entre las localidades de: Chaglabán, Cuichun, Hierba Buena, Lluilan, Molobog Grande, San Antonio de Paguancay, San Rafael, Gallo Rumi, Honorato Vázquez, La Tranca, Gualleturo, Silante Bajo.



Figura 2.2-2: BTS Carshao

2.2.3 Buerán:

Ubicado en el cantón Cañar en las coordenadas $S2^{\circ}36'16.0''$ $W78^{\circ}55'44.9''$ a 3.800mts sobre el nivel del mar. Los sectores en este nodo se ubican a un azimut de 0° a una altura de 26mts, 95° y 165° a una altura de 30mts sobre una torre auto-soportada existente. Este nodo tiene un Rack tipo INDOOR y debería cubrir la parte baja del cantón Cañar así como también el cantón Biblián aunque éste aún no estaba considerado en esta etapa. Las localidades para las cuales fueron dimensionados los sectores son la periferia de la parroquia Cañar, San Pedro, Milmilpamba y Vendeleche, para un total de 595 líneas de demanda.



Figura 2.2-3: BTS Buerán

2.2.4 La Troncal:

Ubicado en el cantón del mismo nombre, en las coordenadas $S2^{\circ}25'16.2''$ $W79^{\circ}20'32''$ a 83mts sobre el nivel del mar. Los sectores se ubican a un azimut de 145° , 235° y 310° a 36mts de altura y son instalados sobre una torre auto-soportada existente en la Central La Troncal. El rack es de tipo INDOOR y esta BTS debería atender todos los sectores rurales del cantón tales como Pancho Negro, Voluntad de Dios, Zhucay, Periferia de la parroquia la Troncal, Cochancay, en un total de 1.275 líneas de demanda.



Figura 2.2-4: BTS La Troncal

En esta primera etapa se instala una portadora en cada sector de las BTS, esto es una configuración S1/1/1 que quiere decir 3 sectores y 1 portadora, y los sectores, denominados Sector X, Sector Y, y Sector Z, según su azimut, tienen un identificador propio que es único en la Provincia, y sirve para conocer con que BTS se enlaza el teléfono. En la primera etapa estos identificadores quedaron configurados de la siguiente forma:

Localidad	Sector X	Sector Y	Sector Z
La Troncal	116	284	452
Carshao	84	252	420
Buerán	100	268	436
Sr. Pungo	132	300	468

Tabla 2.2-1: Identificadores de cada BTS por sector.

Adicionalmente en Guayaquil se instala la BSC que controlará a todas las BTS instaladas en la parte Austral y la parte Oriental del país.

2.3 Etapa 2 de implementación.

La etapa 2 empieza en el 2009 donde según las necesidades se integra el nodo San Nicolás, y adicionalmente se coloca una nueva portadora de voz en los nodos Buerán, Sr. Pungo y La Troncal según la demanda existente, quedando estos últimos en una configuración S2/2/2.

2.3.1 San Nicolás

Ubicado en las coordenadas: S 2°46'17.94" W 78°52'55.10. De igual forma se implementan 3 sectores y una sola portadora para cubrir la alta demanda del cantón Déleg, en donde se planificó atender a 1.210 líneas distribuidas en Borma Domay, Guapshum, Sigsigpamba, Dubliay, Hornapala, Zinin, Chulcay, Surampalti, Pasavalle, San Nicolás, Chaguarpamba, La Colina, Cristo Rey, Yolon, Dutasay, Gulanza, Jacarrin. El nodo se instala sobre una torre autosoportada existente y el rack instalado es de tipo INDOOR ya que existe un cuarto de equipos junto a la torre.



Figura 2.3-1: BTS San Nicolás

En este nodo los identificativos de los sectores quedaron de la siguiente forma:

Localidad	Sector X	Sector Y	Sector Z
San Nicolás	140	308	476

Tabla 2.3-1: Identificativo por sector San Nicolás

2.4 Etapa 3 de implementación.

Durante la tercera etapa de implementación se ha otorgado a CNT la concesión de la sub banda 452.500-454.400 MHZ para la implementación de la tecnología EVDO y brindar servicio de datos. La tercera etapa se desarrolla en el 2011 con la implementación de 2 nuevas BTS's en los siguientes puntos:

2.4.1 Gualleturo

Se implementa una nueva torre auto soportada ya que en el sitio no existe ninguna infraestructura disponible para montar la BTS, ésta se ubica en las coordenadas: 2°31'29"S 79°07'55"W. También se cuenta con una configuración trisectorial al igual que las otras BTS, ubicadas a 0°, 90° y 243°. Las localidades a atender son el sitio del mismo nombre y sus alrededores.



Figura 2.4-1: BTS Gualleturo

2.4.2 Mesaloma

De igual manera se integra el nodo Mesaloma en las coordenadas: 2°26'26"S 79°04'42' W', los sectores se encuentran instalados a 102°, 212° y 334°, las localidades a atender son Ducur, Chontamarca y San Antonio de Paguancay. Este nodo se implementa sobre infraestructura existente, se trata de una torre ventada y el rack es tipo OUTDOOR.



Figura 2.4-2: BTS Mesaloma

Los identificadores de los sectores quedaron configurados de la siguiente manera:

Localidad	Sector X	Sector Y	Sector Z
MESALOMA	068	236	404
GUALLETURO	064	230	400

Tabla 2.4-1: Identificadores por sector Etapa 3

2.5 Etapa de implementación de EVDO

Actualmente se encuentran implementados y en algunos casos en proceso de implementación en las BTS's antes mencionadas el canal para datos, con lo que se cuenta ya con dos canales de voz en la varias BTS's, y uno de datos, pero solamente se encuentran comercializados los servicios de voz.

Aun no se ha definido una fecha para el inicio de la comercialización de los servicios de datos a través de EVDO pero la plataforma EVDO Rev A que se ha implementado pertenece al mismo proveedor de la plataforma CDMA 450, es decir esta plataforma también es Huawei. La decisión de implementarla con el mismo proveedor obedece a la compatibilidad e interoperabilidad de protocolos entre BTS y BSC, lo cual garantiza la reducción de puntos de falla en la red, y al bajo costo de su implementación comparado con el costo que se generaría al implementarlo con un proveedor diferente, ya que esto implica realizar inversiones adicionales.

2.6 Características de los equipos instalados

Las BTS INDOOR instaladas en los nodos son Huawei BTS3606C y las BTS OUTDOOR son de la serie BTS3606AC, cuyas principales características se listan a continuación:

- Capacidad para servir una celda en configuración omnidireccional o varios sectores.
- Alta capacidad.
- Pequeño y fácil de instalar.
- Compatible con CDMA 2000 1x y CDMA 2000 1x EVDO.
- Potencia máxima por portadora: 25 W trabajando con una sola portadora, 50 W trabajando en configuración multiportadora y a alturas superiores a 3500mts.
- Interfaces A-bis para comunicación con BSC, transmisión por E1/T1.

- GPS.
- Alimentación: -48V DC.
- Mecanismos de control de potencia en el canal de reversa y en el canal directo.
- Disponibilidad: 99.999%.
- Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) ≥ 100.000 horas.
- Tiempo medio en reparaciones (MTTR) ≤ 1 hora.
- Banda operativa para transmisión: 460 MHz- 470 MHz.
- Banda operativa para recepción: 450MHz – 460 MHz.
- Ancho del canal: 1.23 Mhz – 1.25Mhz.
- Precision del canal 25KHz, 20KHz.
- Tolerancia de frecuencia $\leq \pm 0.05ppm$ (partes por millón).
- Sensibilidad de recepción ≥ -127 dBm.
- Software de gestión remota Airbridge
- Separación Tx – Rx: 10 MHz.
- Primera, segunda y tercera portadora: Canales 160, 210 y 260.

(7)

Los terminales de usuario utilizados corresponden a varios modelos, por lo que las características de ellos se analizaran en el capítulo 4 del presente documento.



Capítulo 3

Calidad de Servicio

3.1 Introducción:

En este capítulo se hace una recopilación breve de los conceptos, regulaciones y normativas que están relacionadas con la calidad de servicio para telefonía fija y su aplicación a la telefonía fija inalámbrica, de esta manera se podrá definir de mejor forma la manera de evaluar el servicio que actualmente presta CNT E.P.

Existe una diferencia entre el servicio que entrega la operadora y el servicio que percibe el usuario, el primero puede ser medido en parámetros técnicos, pero el segundo involucra una percepción subjetiva por parte del usuario, mucho más difícil de evaluar. Muchos son los factores que afectan a las comunicaciones y aún más si el medio de transmisión es el espacio libre, ya que en este caso es imposible controlar factores climáticos, geográficos, y otras fuentes de interferencia, que puedan degradar la señal de información.

Por lo tanto los organismos nacionales e internacionales encargados de regular lo referente a las telecomunicaciones, tales como la ITU (International Telecommunications Union), CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones), SENATEL (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones), SUPERTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones), han publicado diferentes recomendaciones y regulaciones respecto a la calidad de servicio que se analizarán a continuación.

3.2 Análisis de estándares internacionales sobre calidad de servicio para CDMA 450.

3.2.1 ¿Qué es Calidad de Servicio?

Según la definición de la ITU la calidad de servicio es el “efecto global de la calidad de funcionamiento de un servicio, que determina el grado de satisfacción de los usuarios” (7)

En este caso, al hablar de la tecnología CDMA 450 para telefonía fija inalámbrica, se hace referencia directamente al sistema WLL (Wireless Local Loop o Bucle Local Inalámbrico de Abonado) también conocido como FWA (Fixed Wireless Access o Acceso Inalámbrico Fijo), el cual se basa en el uso de medios inalámbricos como última milla de acceso al cliente. Esta técnica permite llegar a rincones donde la geografía ha limitado la expansión de las redes de cobre que habitualmente se usan para dar el servicio de telefonía fija, debido a los altos costos y baja rentabilidad que representaría la construcción de redes de este tipo, ya que en las zonas rurales la cantidad de usuarios es baja y se encuentran dispersos en amplias zonas.

Este sistema tiene las siguientes particularidades:

- *“alta disponibilidad del sistema y buena calidad vocal,*
- *tiempo de instalación más breve,*
- *bajo costo inicial en zonas rurales y suburbanas,*
- *fácil mantenimiento y gestión de las instalaciones,*
- *construcción en red de acceso flexible para responder a una demanda cambiante,*
- *inmunidad frente a las catástrofes.”* (8)

La ITU en su recomendación ITU-R F.757-1 “Requisitos básicos de sistemas y objetivos de calidad de funcionamiento para aplicaciones fijas de bucle local inalámbrico que utilizan tecnologías móviles de tipo celular” considera el uso de WLL para brindar servicios de telecomunicaciones en zonas rurales y urbanas e indica que: “El objetivo general en las zonas distantes y rurales es el logro de una calidad de servicio global similar a la que se consigue con los sistemas de cables en las zonas urbanas bien atendidas. Un objetivo mínimo tendiente a esta meta es la consecución de una calidad de servicio al menos comparable con la que se ofrece en esas zonas urbanas...” (8).

Según este documento se recomienda que: “el grado de servicio o probabilidad de pérdida de una llamada sea del orden del 1%, llegando excepcionalmente al 5%,” (8) con el fin de brindar un servicio satisfactorio para el cliente y mantener los indicadores de la red en general dentro de los parámetros aceptables por la ITU, y así mismo estima un valor de tráfico para estos usuarios de 0.05 Erlangs y 0.09 Erlangs. (9)

En la recomendación ITU-T –REC-800 se hace referencia a los factores que intervienen en la calidad de servicio, tales como la calidad de funcionamiento de la red y la calidad de servicio independiente de la red. La primera hace referencia a tiempos de latencia, errores, degradación de señal, etc. es decir todo lo que involucra el correcto funcionamiento de la totalidad de la red y que pudiera afectar en forma directa a la prestación del servicio, la segunda por otro lado hace referencia a factores como tiempos de atención de reclamos, reparación de daños, tarifas etc., esto es medible en términos de tiempo en su mayoría pero también es bastante subjetivo ya que depende de la percepción del usuario.

En ese documento se presenta una matriz donde se explican los parámetros que se deben considerar cuando se analiza la calidad de servicio, la misma que se muestra a continuación:

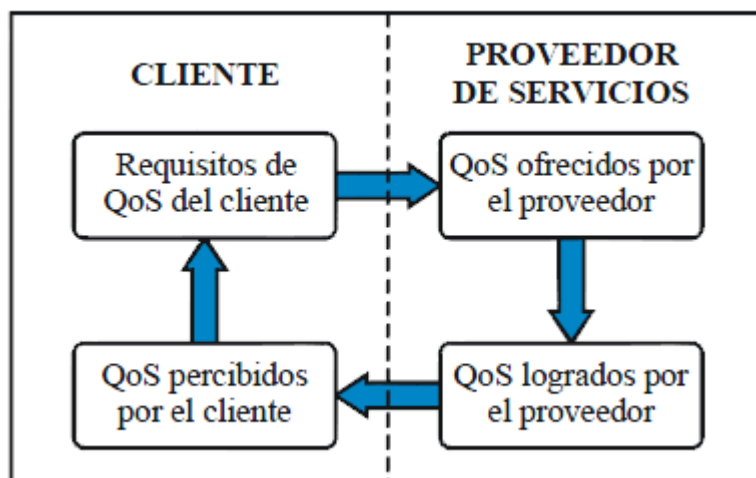


Figura 3.2-1: Matriz de polos sobre la calidad de servicio (11)

Como se puede observar de parte del proveedor y de parte del cliente existen 2 factores a considerar:

QoS ofrecida por el proveedor de servicios: este punto hace referencia a la calidad que una empresa como tal planifica brindar al usuario final, la misma que puede ser medida en parámetros técnicos.

QoS lograda por el proveedor: existe diferencia entre lo que se ofrece y lo que realmente se logra, esto se debe a que como proveedor se ha establecido una meta en cuanto a calidad de servicio pero en algunos casos no le es posible alcanzar dicha meta al 100% por temas técnicos como infraestructura de la red, tecnologías a usarse, alto costo de implementación de nuevas tecnologías para alcanzar una mejor QoS, etc., por lo que el servicio tendrá una calidad ligeramente diferente a la que el proveedor ofreció. Esta también puede ser medida en parámetros técnicos.

QoS percibida por el cliente: este factor es subjetivo en su mayoría ya que la manera de conocer la apreciación del servicio por parte del usuario es a través de encuestas, en cuyas respuestas influirá no solamente la percepción que tiene del servicio sino además sus expectativas, o el mismo estado de ánimo de la persona

al momento de la encuesta. Adicionalmente en este punto se puede obtener un valor cuantitativo del servicio si se hace una medición de los parámetros técnicos en el punto del abonado, valor que permite evaluar cuál es la influencia de la infraestructura existente del proveedor en el servicio que brinda.

Requisitos de QoS del cliente: finalmente la matriz se completa con este último punto, el cual se traduce en las exigencias que el usuario final realiza sobre el servicio según las necesidades que éste presenta, por ejemplo cuando un usuario o grupo de usuarios requieren de un servicio con características específicas que son diferentes a las características con las que se brinda el servicio a un usuario general, y en este caso el proveedor determinara nuevos parámetros o valores de parámetros existentes que le permitan evaluar este nuevo servicio.

En ese documento también se hace una definición sobre diferentes términos involucrados a la hora de evaluar la calidad de servicio, mismos que serán definidos en la sección de Glosario de Términos en el presente trabajo.

En Ecuador el ente regulador de las Telecomunicaciones es el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL, quien también ha realizado normativas para la calidad de servicio respecto a las PSTN's (Public Switched Telephone Network). En este caso en las recomendaciones que realiza dentro de la resolución 606-23 CONATEL 2008 se indican los factores que se deben evaluar para conocer el estado del servicio:

#	Código	Parámetro	Valor Objetivo
1	1.1	Relación con el cliente	Valor objetivo anual ≥ 3
2	1.2	Porcentaje de reclamos generales procedentes	Valor objetivo mensual $\leq 3\%$
3	1.3	Tiempo promedio de resolución de reclamos generales	Valor objetivo mensual ≤ 5 días (120 horas)
4	1.4	Porcentaje de reclamos de facturación	Valor objetivo mensual $\leq 1\%$
5	1.5	Oportunidad de facturación	Valor objetivo mensual ≤ 10 días calendario
6	1.6	Porcentaje de averías efectivas reparadas	Valor objetivo mensual 1 $\geq 70\%$ de averías reparadas hasta en 24 horas Valor objetivo mensual 2 $\geq 80\%$ de averías reparadas hasta en 48 horas Valor objetivo mensual 3 $\geq 90\%$ de averías reparadas hasta en 5 días
7	1.7	Porcentaje de averías reportadas	Valor objetivo mensual $\leq 2\%$
8	1.8	Porcentaje de llamadas completadas	Valor objetivo Local – Nacional $\geq 62\%$ Valor objetivo Internacional $\geq 52\%$ Valor objetivo Telefonía Móvil $\geq 60\%$ Valor objetivo Servicios Especiales $\geq 65\%$
9	1.9	Tiempo promedio de espera por respuesta de operador humano	Valor objetivo mensual ≤ 20 seg.
10	1.10	Tiempo promedio de instalación de líneas nuevas	Valor objetivo mensual ≤ 10 días

Tabla 3.2-1: Parámetros para evaluar la calidad de servicio (12)

Estos parámetros para servicios de telefonía fija, siguiendo las recomendaciones de la ITU, pueden ser aplicados para evaluar el servicio brindado en sistemas WLL. Como se puede observar varios de estos parámetros son subjetivos, por lo que se seleccionarán aquellos que brinden información relevante sobre la red como son el punto 1.8 y 1.9 de la tabla 3.2-1.

Como se puede apreciar no existe un rango sobre el cual se defina a un servicio como bueno o malo, por lo que en el presente documento se propondrá establecer un rango según el cual se evaluará al servicio, en base a las características que éste presente.

3.3 Evaluación de la Red.

Para determinar si un usuario en particular recibe un buen servicio, existen los siguientes indicadores que pueden ser evaluados de manera técnica, conociendo así la QoS alcanzada por el proveedor en este punto. El caso que se analiza en este documento es el acceso al abonado a través de medios inalámbricos, por lo que a continuación presentamos varios indicadores que pueden ser aplicables usando este tipo de última milla.

3.3.1 Indicadores de rendimiento.

Estos indicadores evalúan el servicio de un abonado determinado. Pudiendo tener la certeza de que se está brindando un buen servicio o tomar las debidas correcciones. Para conocer el estado del servicio se pueden considerar las siguientes características:

- Una, dos, o más BTS cubriendo una misma zona con una potencia adecuada.
- Capacidad Suficiente, sin problemas de asignación de recursos del sistema al momento en el cual el usuario desea acceder al servicio.

Para saber si el sistema cuenta con problemas en el rendimiento tenemos:

- Señal débil, esto según lo establecido por el fabricante de los terminales de usuario.
- Insuficiencia de recursos. (CE - Channel Elements, Potencia desde y hacia la BTS).
- Estadísticas pobres del sistema, alto número de llamadas caídas o no procesadas, fallas en el acceso al sistema.

Existen diversos indicadores que son usados tanto para la optimización del sistema como para la solución de problemas. Estos indicadores se basan en parámetros y medidas recogidos en el extremo del usuario del enlace, pueden indicar problemas en uplink, downlink o en ambos.

3.3.1.1 FER.

El Fer (Frame Error Rate) indica en resumen la calidad de la llamada. Se refiere a las tramas que durante la transmisión resultarán dañadas o afectadas por pérdidas ajenas al sistema. El valor máximo recomendado es del 1%, tanto en uplink (medido en la BTS) o en downlink (medido en el terminal).

3.3.1.2 Potencia de recepción en el terminal.

La potencia en el terminal puede variar en un rango, determinado más adelante en el siguiente capítulo del presente documento. Una potencia demasiado baja causa ruido en el sistema, FER alto y otros inconvenientes relacionados. Una potencia demasiado alta (mayor a -35dbm) puede causar problemas inter-modulación y en nuestro caso específico puede ocasionar distorsión del código CDMA.

3.3.1.3 E_c/I_o

Es la relación entre la potencia de la portadora y la potencia total de la señal. Si la potencia de la portadora es fuerte en un determinado sector, implica que los canales de tráfico no tendrán interferencia. Si la potencia de la portadora es débil, implica problemas en los canales de tráfico para ese sector.

3.3.1.4 Potencia de transmisión del terminal.

En un sistema con control de potencia, el sistema no puede exigir al terminal una potencia mayor a la capacidad del mismo (en nuestro caso específico la potencia de transmisión es generalmente de 23dBm para los modelos comercializados) o en su defecto una potencia menor a la mínima especificada por el fabricante en casos en que el terminal se encuentra demasiado cerca de la BTS.

En el siguiente capítulo se hará una definición de todos los indicadores de la red que es posible evaluar para conocer el comportamiento del servicio en los diferentes lugares de la Provincia.

Capítulo 4

Levantamiento del estado actual de la red CDMA 450 en la provincia del Cañar.

4.1 Introducción

El sistema CDMA 450 ha sido implementado en 3 etapas dentro de la provincia del Cañar, cada una ha involucrado la atención de nuevas localidades según la creciente demanda del servicio. Este en un inicio funcionó sin problemas, pero a medida que la demanda creció y que se implementaron los nuevos nodos o BTS's los problemas se han ido incrementando. Es por esto que se necesita realizar una evaluación del estado actual de la red.

Dentro de la Provincia no se tiene una base de datos actualizada sobre el sistema CDMA 450, solamente se cuenta con los identificadores de los sectores y un conocimiento general sobre los poblados donde se tiene cobertura, pero no se ha hecho un levantamiento in situ de estos datos.

Por lo tanto en este capítulo se procede con la verificación de los datos existentes, creación de mapas de cobertura y determinación de parámetros que van a ser medidos así como también un protocolo de pruebas para conocer el comportamiento del servicio ante situaciones de saturación de las BTS's, todos estos para finalmente evaluar el servicio y conocer cuáles son los problemas que afectan al mismo. Adicionalmente se generará una lista de soluciones de la cual se escogerán las más viables que serán recomendadas a CNT E.P.

4.2 Definición parámetros y metodologías para la evaluación del servicio CDMA 450

La calidad de servicio está íntimamente ligada al correcto funcionamiento de la red, y los parámetros de la red son los que brindan una mejor visión de la actual percepción por parte del usuario. Es así que se considera necesario monitorear y evaluar los parámetros de la señal portadora CDMA y además incluir algunos de los parámetros técnicos considerados en el punto anterior de manera que los resultados obtenidos sean objetivos.

Entre los parámetros técnicos que se ha visto necesario evaluar están los siguientes:

Potencia de recepción en el equipo terminal del usuario: Los equipos terminales de usuario son del fabricante Huawei, de la serie ETS 20xx, según la descripción del fabricante deberán recibir una señal superior a -104dBm para garantizar el funcionamiento, caso contrario se experimentaría pérdida de la llamada, intermitencias en la comunicación, retardos, etc. Ya que no existe una documentación en la cual se clasifique el nivel de potencia por rangos para una mejor evaluación, se propone evaluar de la siguiente manera:

Rango de potencia	Cualificación
-40dBm a -75dBm	Excelente
-75dBm a -85dBm	Regular
-85dbm en adelante	Mala

Tabla 4.2-1: Rangos de Potencia de la señal CDMA 450

Cobertura de las BTS CDMA: en vista de que existen dentro de la provincia 7 BTS que brindan el servicio de telefonía fija inalámbrica es necesario conocer el alcance geográfico que tiene cada una de modo que se pueda identificar las localidades donde existe el servicio y donde según los parámetros de la señal, se podría comercializar este servicio.

Interferencia inter BTS: considerando que varias BTS están muy próximas entre si es muy posible que sus celdas se encuentren traslapadas, o también debido a la posición geográfica ciertas BTS que se encuentran más alto pueden generar interferencia a aquellas que se encuentran más bajas.

Control de potencia del sistema: el sistema CDMA como se indicó al inicio posee varios métodos de control de potencia, los mismos que ayudan a brindar un servicio de calidad, por lo tanto se debe conocer cuál es el método de control de potencia del sistema, para así conocer el impacto que puede tener dentro de las comunicaciones..

Pérdidas en el equipo terminal: se debería conocer si existe algún grado de envejecimiento de los equipos del usuario que pueda afectar a la señal recibida.

Porcentaje de llamadas caídas: Este último parámetro considerando la recomendación de la ITU será evaluado en las zonas donde se encuentre más afectado el servicio.

4.3 Metodología aplicada:

Para proceder con la medición de los distintos parámetros es necesario definir la metodología con la cual se va a recopilar estos datos:

El equipo terminal de usuario con el cual se cuenta es de la serie ETS205X, siendo esta la serie que más se ha comercializado ya que es un teléfono inalámbrico, pero también se han comercializado equipos FT2050, los cuales son solamente terminales receptores e incluyen la funcionalidad de fax, pero no incluyen el teléfono como tal.



Figura 4.3-1: Equipo terminal ETS 2055 (13)



Figura 4.3-2: Equipo terminal FT2050 (14)

El equipo ETS205X tiene la posibilidad de mostrar diferentes parámetros técnicos accediendo al modo ingeniería, entre los parámetros que entrega están el identificador

del canal al cual accede, la potencia de recepción y la celda a la cual se encuentra enlazado.

Por lo tanto para acceder a este modo es necesario digitar el código ##236985 SEND, y el equipo terminal presentará la pantalla a continuación:

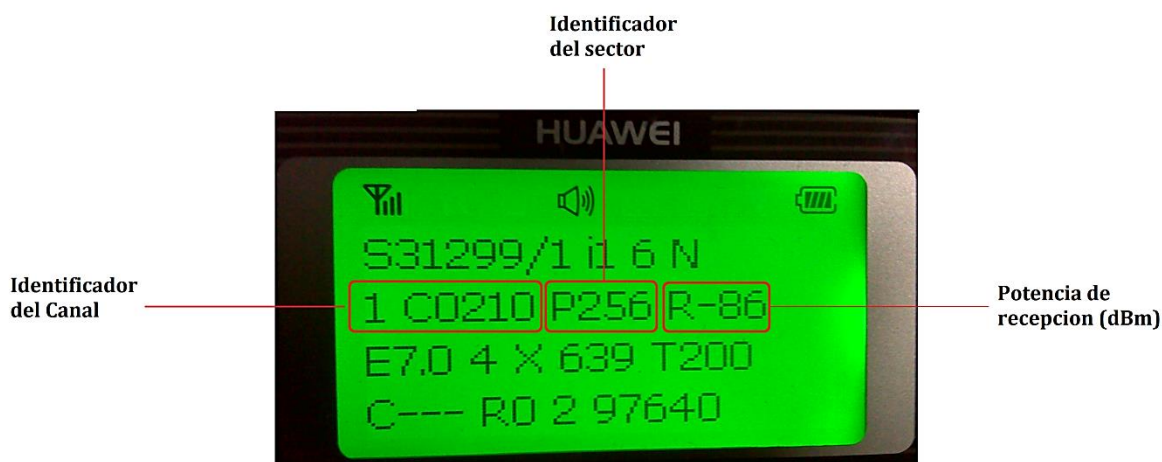


Figura 4.3-3: Pantalla de equipo en modo ingeniería

Adicional a esto se establece un set de pruebas que se desarrollaran en sectores saturados para conocer cómo se comporta la calidad de servicio:

Prueba	Descripción
Enlace exitoso a la red.	La prueba consiste en encender el teléfono y verificar que se engancha a la red CNT y entrar al estado stand by.
Tiempo del establecimiento de la llamada.	Con un cronómetro medir el tiempo que transcurre entre la marcación y el momento en el cual se escucha el tono de timbrado, cuando la llamada se origina en el equipo terminal inalámbrico, y cuando se origina en una PSTN.
Llamada a número PSTN.	Poder realizar llamadas a números de PSTN de manera exitosa.
Recibir llamada desde PSTN.	Recibir de manera exitosa una llamada desde un número PSTN.
Calidad de la llamada.	Determinar si existe o no degradación de la llamada o si se escucha claro y normal.
Mantener una conversación durante un periodo de tiempo	Establecer una llamada y mantenerla durante un periodo de tiempo para evaluar la calidad de la misma.

Tabla 4.3-1: Set de pruebas

4.4 Levantamiento del estado actual de la red CDMA 450 en la Provincia del Cañar.

Luego de obtener los datos de las ubicaciones de las BTS y los identificadores de los sectores, mencionados en el capítulo 2 del presente documento, se procede a realizar un levantamiento de la red CDMA. Para ello se dispone de las siguientes herramientas:

ITEM	Descripción
Equipo terminal de usuario ETS 2055	Para realizar medición de varios parámetros a través del modo Ingeniería del mismo, además con este equipo se realizaran todas las pruebas que se han establecido en el punto anterior. Este equipo ha sido provisto por CNT. E.P.
GPS	Marca GARMIN, provisto por CNT. E.P. para la georeferenciación de los puntos de cobertura
Automóvil	Para movilización por la provincia recogiendo datos.

Tabla 4.4-1 Herramientas utilizadas en los recorridos.

Entonces utilizando estas herramientas se realizan recorridos durante el mes de Mayo y Junio, en especial los fines de semana, cubriendo así la mayor parte de la Provincia

En la visita a los sitios, y usando el terminal en modo ingeniería, se verifica que la información inicial con la que se disponía sobre el identificador de cada sector es errónea, siendo los actuales identificadores los que se muestran a continuación:

BTS	Sector X	Sector Y	Sector Z
La Troncal	76	244	412
Carshao	80	248	416
Buerán	84	252	420
Sr. Pungo	88	256	424
San Nicolás	72	240	408
Gualleturo	64	232	400
Mesaloma	68	236	404

Tabla 4.4-2: Identificador de sectores de las BTS de la provincia del Cañar

Esta información fue obtenida con visitas a cada una de las BTS, colocando al terminal de usuario frente a cada una de las antenas sectoriales y verificando el identificador en la pantalla.

Adicional a esto, ya que en las zonas limítrofes se comparten BTS de otras provincias se procede a realizar una investigación de los identificadores de los sectores, siendo estos los siguientes:

Provincia	BTS	Sector X	Sector Y	Sector Z
Guayas	La Esperanza	24	192	360
Chimborazo	Loma Caparina	44	212	380
Azuay	Santa Rita	24	192	360

Tabla 4.4-3: Identificadores de los sectores de las BTS's vecinas

Sobre el método de control de potencia con el cual trabajan las BTS's se consulta al personal de CNT, indicándonos que cuentan con un sistema a lazo cerrado, pero debido al excesivo traslape de sectores se procedió a configurar un valor de potencia fija. La potencia de transmisión de cada uno de los sectores se detalla en el siguiente recuadro:

BTS	SECTOR X (dbm)	SECTOR Y (dbm)	SECTOR Z (dbm)
BUERAN	41,7	41,5	41,3
CARSHAO	41,2	42,8	41,3
PUNGO	43,8	44	42,2
MESALOMA	41	41,8	41,1
GUALLETURO	41,1	41,2	41,1
SAN NICOLÁS	41.1	41.3	41.2
TRONCAL	42,8	41,4	41,4

Tabla 4.4-4: Potencia de cada sector. Datos obtenidos de CNT. EP.

Se observa que la potencia configurada está oscilando entre 41 y 42 dBm, exceptuando el caso de Sr. Pungo que alcanza valores de 44 dBm.

A continuación se presenta la distribución geográfica de las BTS's en la Provincia y también se incluyen aquellas cercanas que se han detectado durante los recorridos para brindar una mejor apreciación de la situación existente:

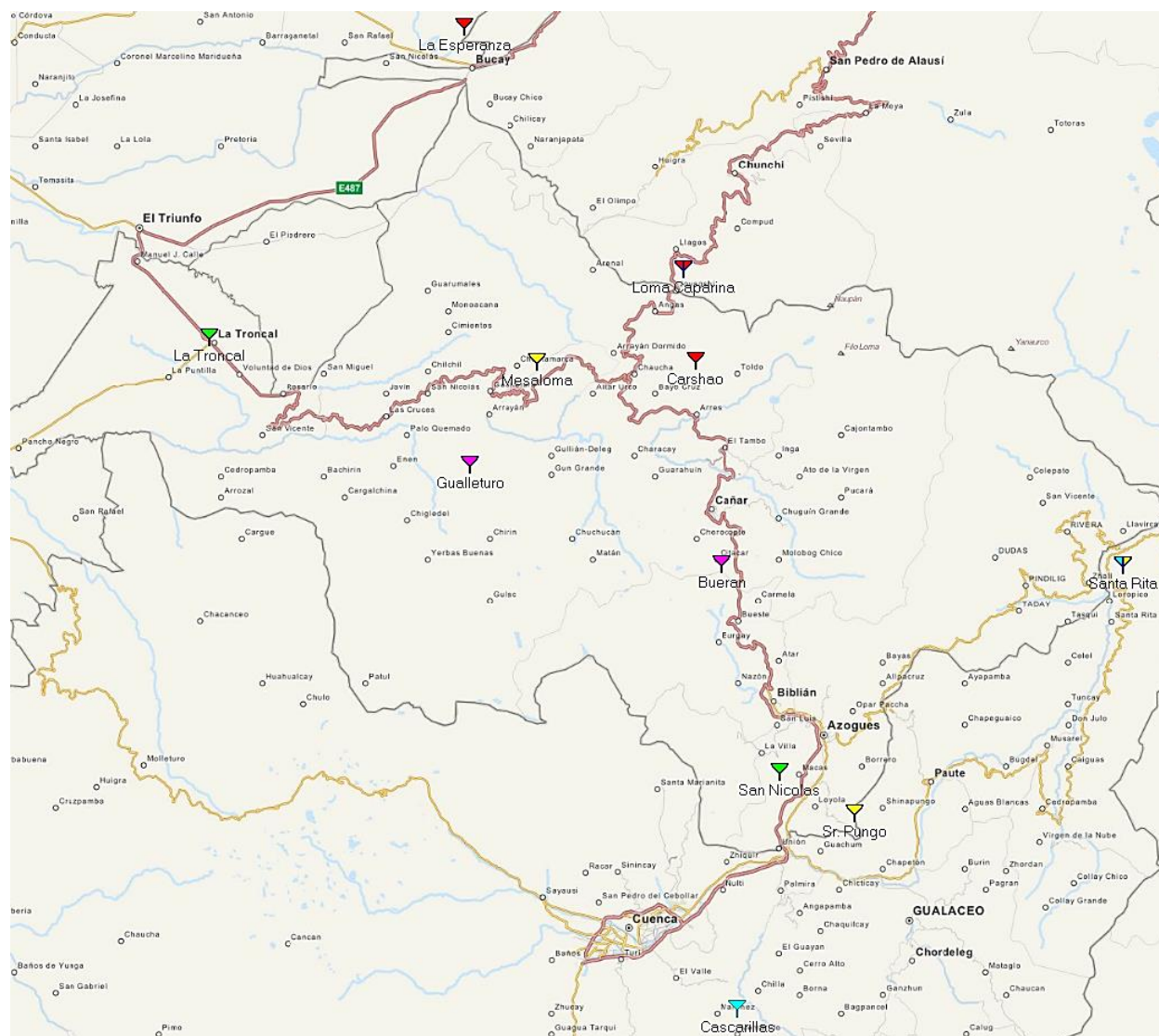


Figura 4.4-1: Distribución de BTS's dentro y en las proximidades de la provincia

Como se puede observar con la distribución de las BTS's en la Provincia se han cubierto la mayoría de las zonas pobladas, para un mejor detalle se desarrollará la cobertura de cada una.

Usando los datos como coordenadas, potencia del sector, azimut del sector y el patrón de radiación de la antena instalada se procede a realizar diagramas de cobertura con la herramienta Radio Mobile. Para esto se utilizó un patrón de radiación bastante aproximado de una antena con características similares a la que posee la antena Agissson usada en cada una de las BTS's, ya que el patrón exacto no está disponible en

la página del fabricante. Las características tanto de la antena Agissson como de la antena Amphenol que se usa para la simulación se encuentran en la sección de anexos.

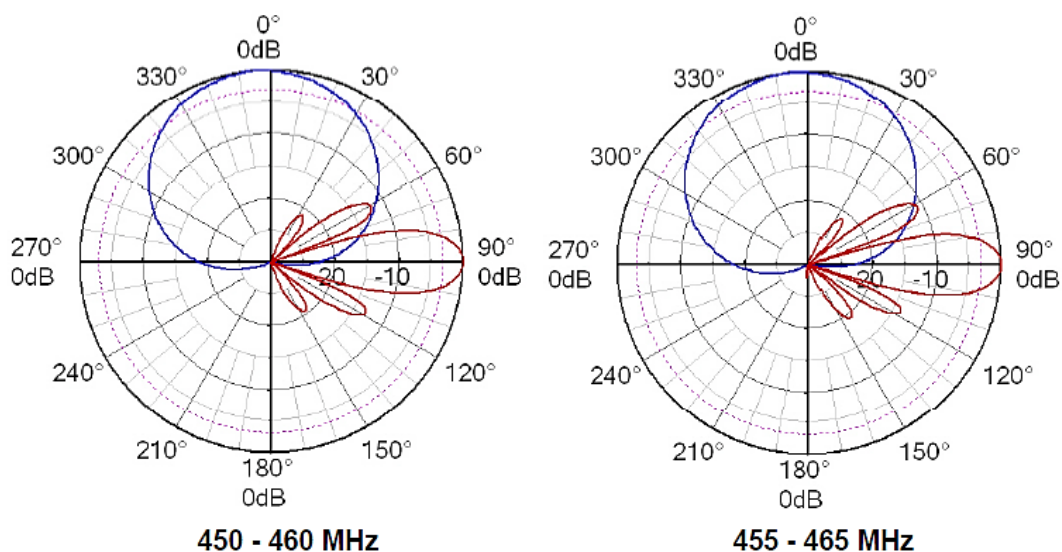


Figura 4.4-2: Patrón de Radiación antena Agissson usada en cada sector

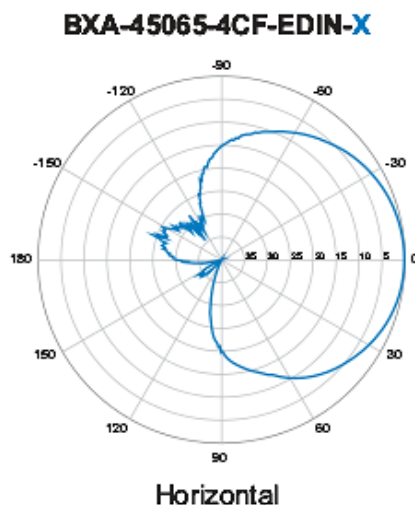


Figura 4.4-3: Patrón de Radiación a usar

Para crear la cobertura de cada sector se establece un rango de colores con el cual se representara la intensidad de la señal, este rango está establecido de la siguiente manera: -45dBm representa una intensidad de señal excelente, y desde -95 dBm hacia adelante representa una señal totalmente degradada.

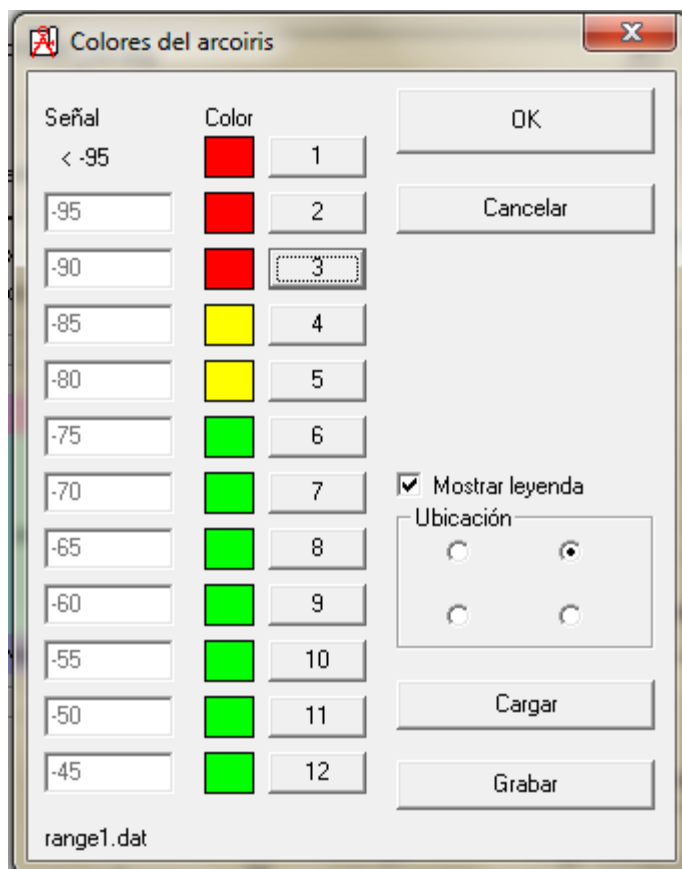


Figura 4.4-4: Paleta de colores a usar según la intensidad de la señal.

A continuación se presentan los diagramas obtenidos, divididos por BTS:

BTS Sr. Pungo:

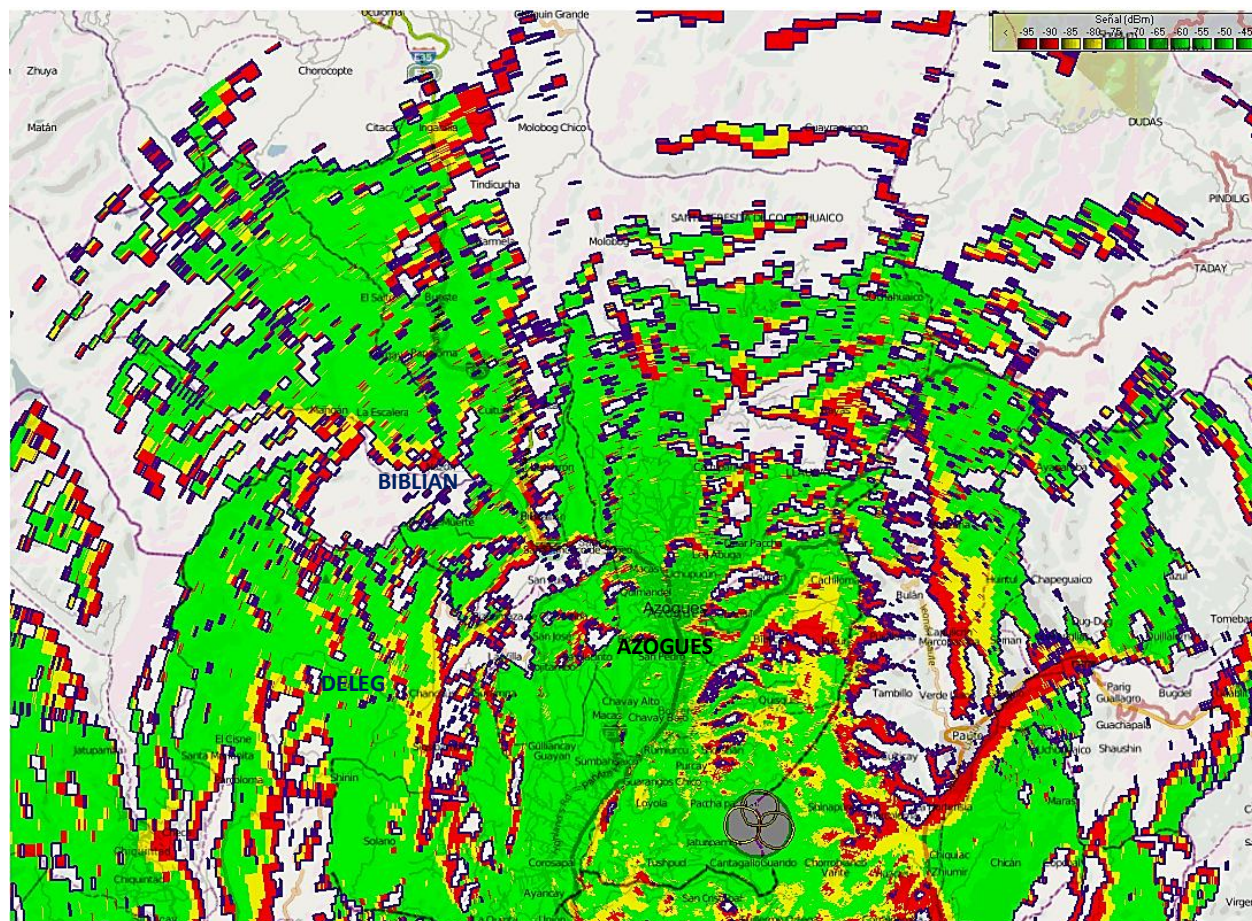


Figura 4.4-5: Diagrama de Cobertura Sr. Pungo

Dada la buena ubicación y potencia de radiación configurada en el nodo de Sr. Pungo, éste brinda servicio principalmente a los alrededores del cantón Azogues y sus parroquias. Se puede observar que los lóbulos de radiación estarían cubriendo gran parte del cantón Déleg y Biblián, y existiría entonces alto nivel de interferencia sobre el nodo San Nicolás. Esta BTS tiene un sector apuntando a la parte sureste, que cubre las localidades de la provincia del Azuay.

Buerán sirve principalmente a la zona central de la provincia del Cañar, destacándose sectores como Biblián, Playas de Fátima, Bunchalay, Charcay, Ingapirca, El Tambo, etc. Tiene también una posición geográficamente dominante lo que le permite extender su alcance hasta el mismo nodo Sr. Pungo.

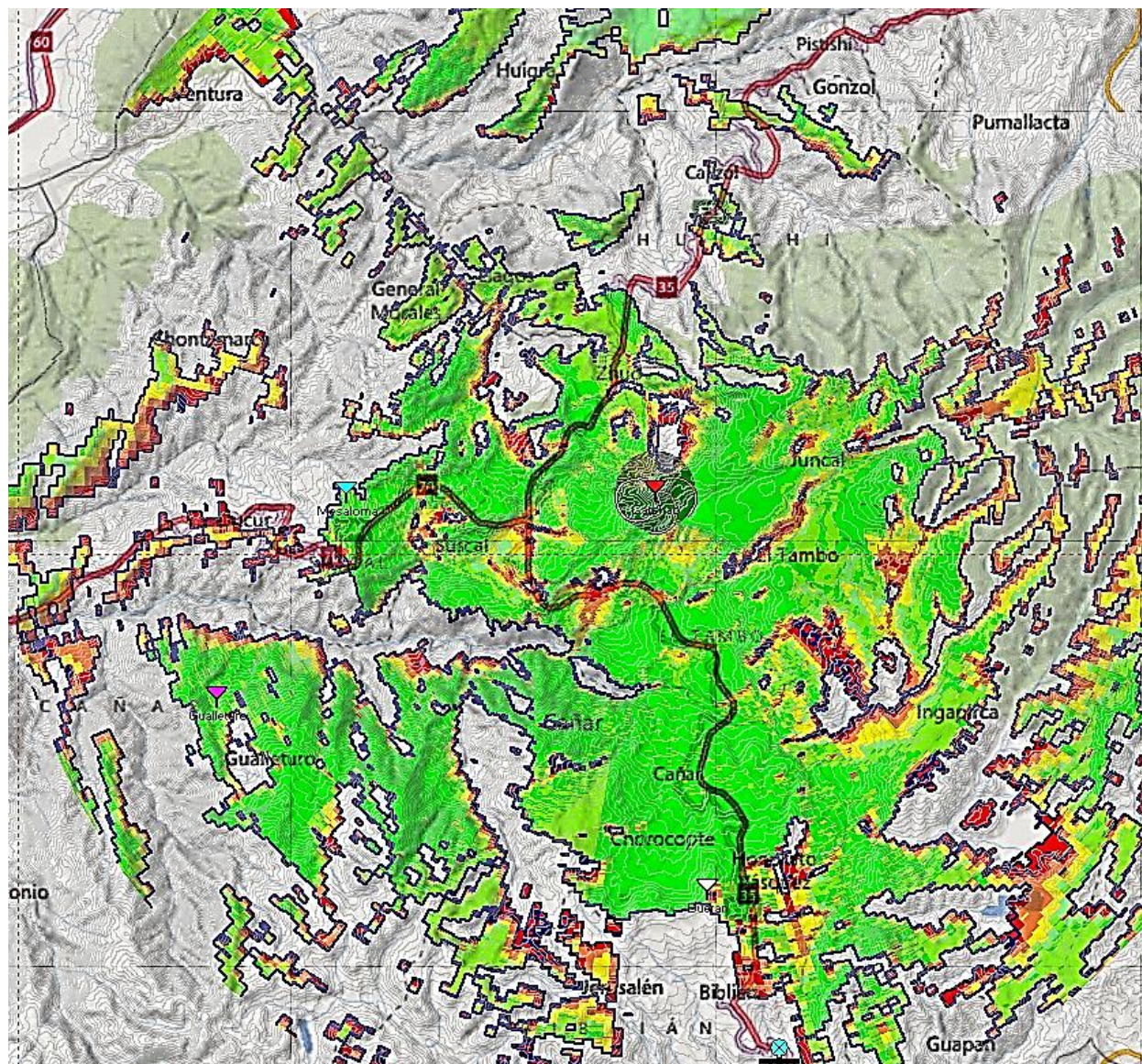
BTS Carshao:

Figura 4.4-7: Diagrama de cobertura Carshao

El nodo Carshao está previsto para el servicio en la parte Central-Norte de la provincia, siendo el principal portador en las zonas de Cañar, El Tambo, Zhud, Gral. Morales, Suscal, Honorato Vásquez, etc. Según la ubicación de este nodo se puede observar que cubre varias áreas que están también cubiertas por el nodo Buerán, pero la potencia de transmisión en estos sectores es mucho mejor, para un ejemplo la misma ciudad de Cañar estaría trabajando con el nodo Carshao ya que la potencia recibida por el nodo Buerán es mucho más baja.

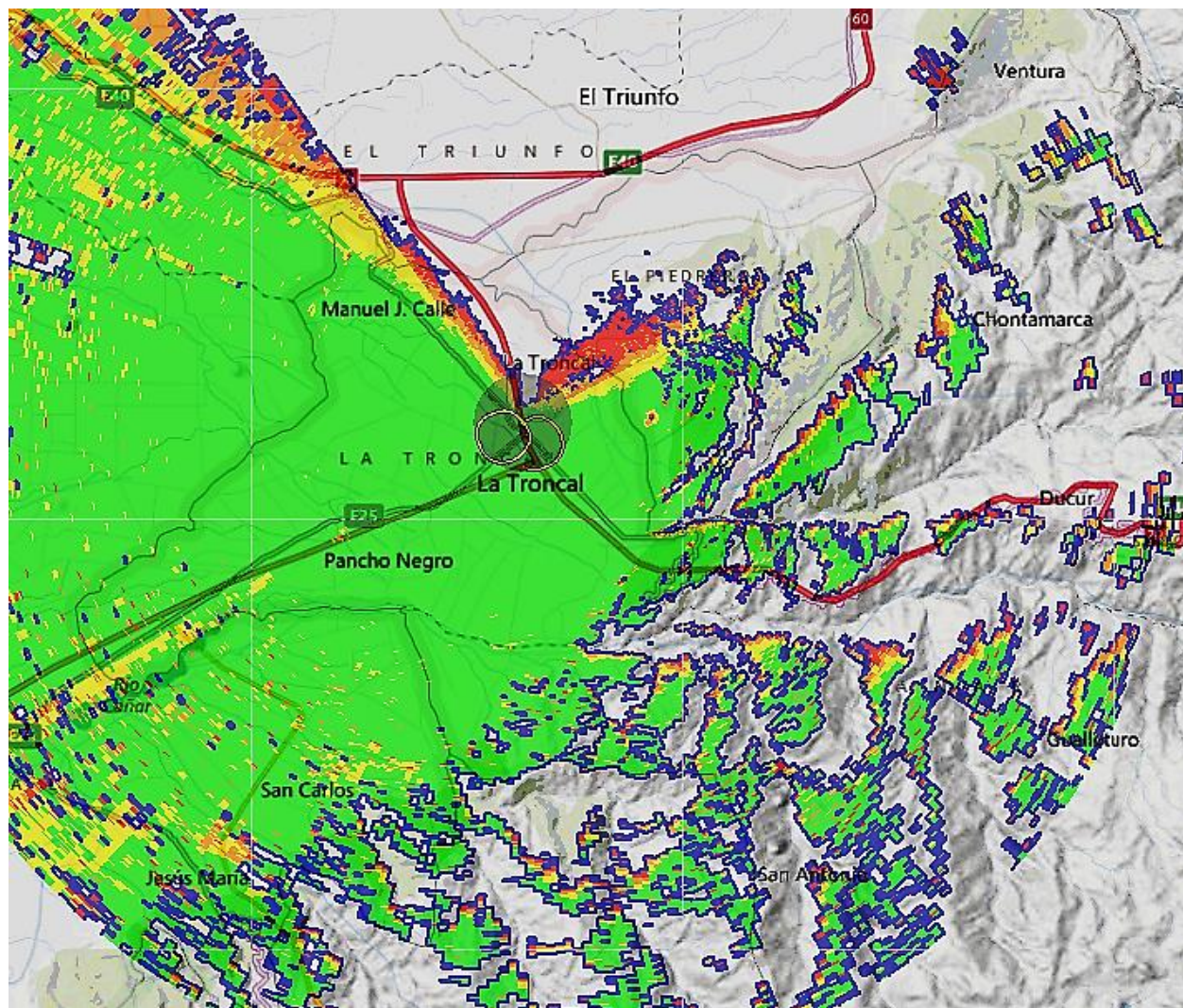
BTS La Troncal:

Figura 4.4-8: Diagrama de cobertura La Troncal

El nodo La Troncal está colocado para servir al cantón del mismo nombre y sus alrededores, prácticamente toda la zona costanera perteneciente a la provincia del Cañar. Entre las principales localidades están: Javín, La Troncal, Manuel J. Calle, La Puntilla, Pancho Negro, etc. Lastimosamente la ubicación del nodo La Troncal no favorece para servir al sector el Piedrero y Ventura, uno de los puntos más alejados de la Provincia.

BTS San Nicolás

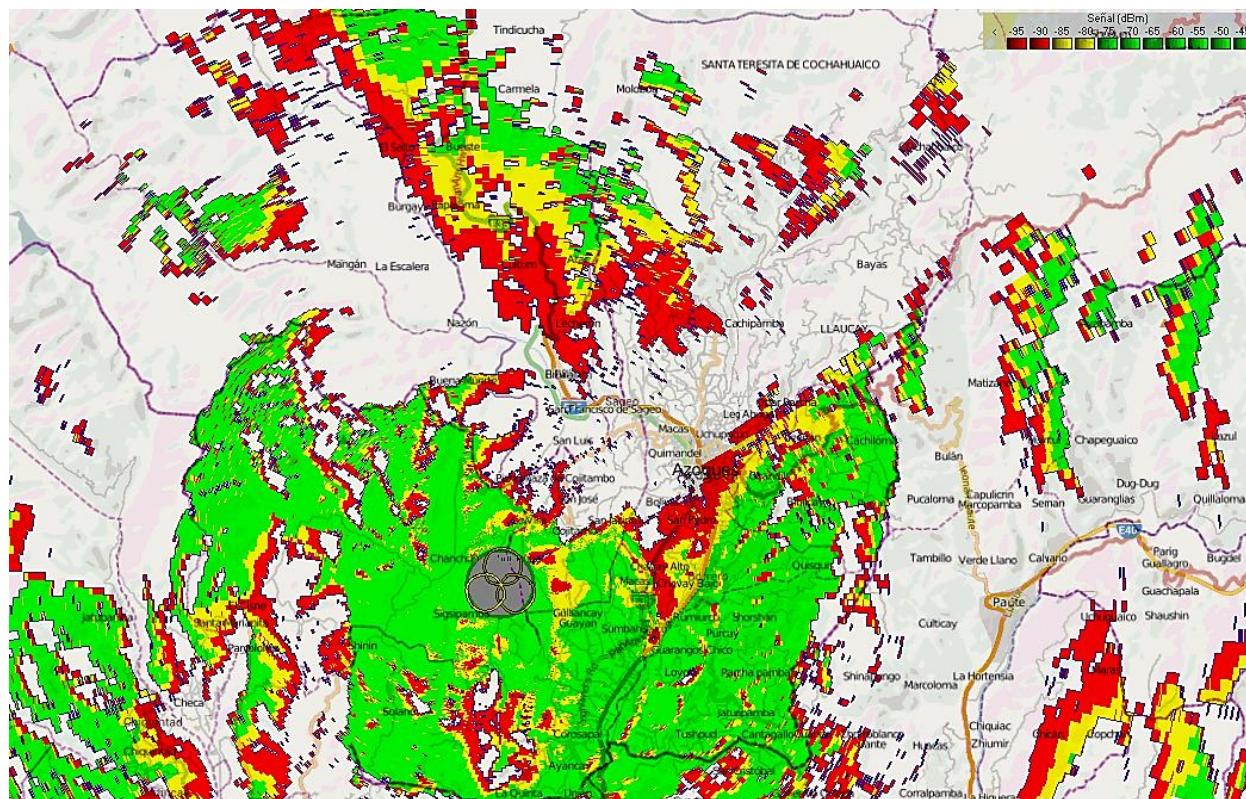


Figura 4.4-9: Diagrama de Cobertura San Nicolás

La BTS San Nicolás se ubicó para cubrir los sectores del cantón Déleg, debido a la cercanía con Sr. Pungo claramente se puede observar que existen sectores que se estarían traslapando entre sí. Dada la geografía que le rodea su alcance no es tan ponderado como el de los otros nodos.

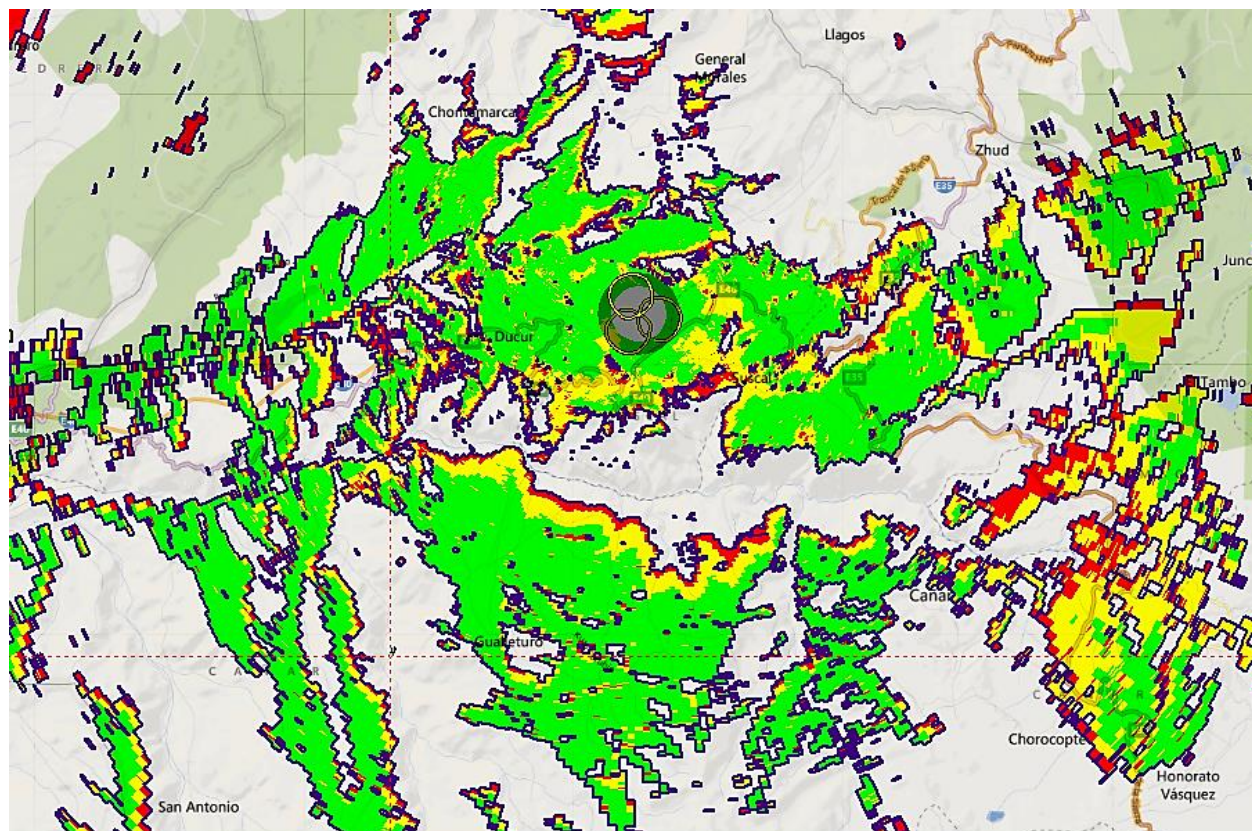
BTS Mesaloma:

Figura 4.4-10: Diagrama de cobertura Mesaloma

El nodo Mesaloma ubicado en la parte nor-occidental de la Provincia del Cañar está brindando su servicio hacia las zonas de: Suscal, La Dolorosa, Ducur, Chilchil, Chontamarca, partes de Gualleturo e incluso llega a tener cobertura en la región costera, dada la predominancia de su ubicación geográfica (2750m Aprox.). Este nodo fue implementado debido a que la cobertura de Carshao no lograba cubrir la demanda existente en algunas de las localidades antes mencionadas.

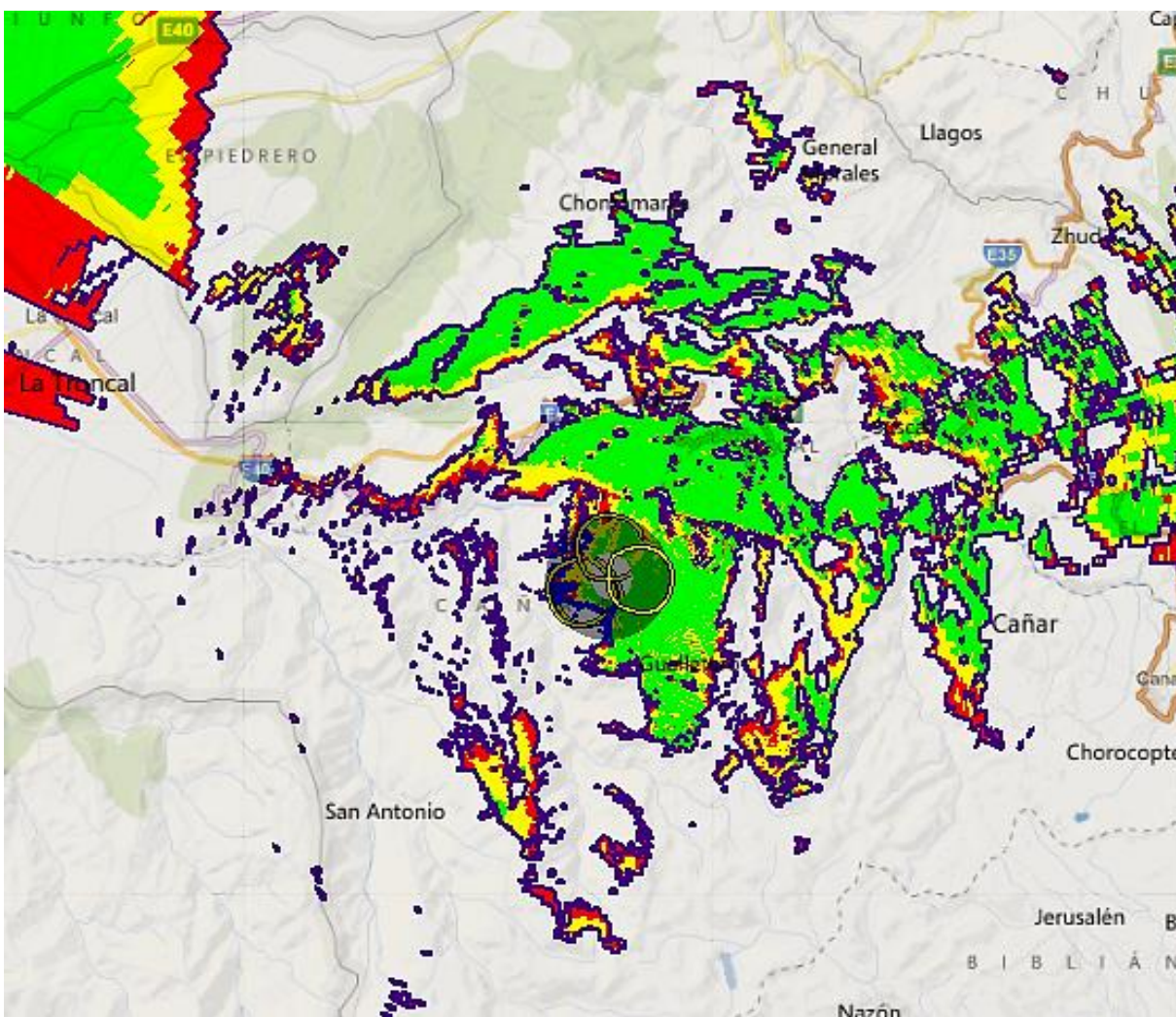
BTS Gualleturo:

Figura 4.4-11: Diagrama de cobertura Gualleturo

El nodo Gualleturo fue colocado para brindar servicio principalmente al poblado del mismo nombre, así como también su cobertura alcanza zonas como Ducur, Vía Suscal - La Troncal, Javin, Gulapan y Luladel. Según los ángulos de azimut con los que fueron instalados se puede observar en el diagrama que existe un sector que no estaría sirviendo a ningún punto por cuanto la situación geográfica estaría bloqueando la propagación de la señal, se trata del sector Z.

Estos gráficos revelan que debido a la corta distancia existente entre algunas de las BTS, las celdas se encuentran traslapadas, lo que estaría generando problemas en el servicio, el teléfono evaluará siempre la mejor potencia y se enlazará al sector involucrado, lo que generaría saturación de tráfico en las BTS que lleguen con mayor potencia a la zona aunque no hayan sido pensadas para dicho lugar.

Adicionalmente la geografía irregular existente disminuye notablemente la propagación de la señal, y la distribución de los poblados no favorece tampoco para llegar a todos ellos con la mejor potencia.

4.5 Muestreo de parámetros de la señal CDMA 450 en los diferentes sectores de la Provincia

Utilizando la metodología descrita en el punto 4.2 se procede a medir la potencia de recepción y cobertura existente, los resultados de este trabajo se presentan a continuación. Se detallan los puntos donde existe cobertura y además la presencia de sectores ajenos a las BTS.

Se ha identificado los puntos iniciando con la letra del nodo que se encuentra cubriendo el área, adicional a esto todos los puntos que representan la cobertura de un determinado nodo tienen el mismo color e ícono. Los detalles de potencia de cada punto se especifican en los anexos al final de este documento.








Nodo	Abreviatura	Símbolo
Sr. Pungo	Px	
San Nicolás	Nx	
Carshao	Cx	
La Troncal	Tx	
Gualleturo	Gx	
Mesaloma	Mx	
Buerán	Bx	
Externas	Ex	

Tabla 4.5-1 Simbología utilizada.

En cada uno de los mapas presentados a continuación, se realiza una comparación de la parte simulada con los puntos en los cuales se verificó la cobertura y el nivel de potencia real, por lo que cada punto está identificado con los símbolos antes presentados.

En la práctica, el nodo Sr. Pungo brinda cobertura principalmente a los alrededores de la ciudad de Azogues, aunque su cobertura teórica abarca una zona mucho más amplia, existen otras BTS, que cubren las mismas localidades con una potencia mayor, por lo que no se puede comprobar al 100% el mapa de cobertura generado con el software, pero por los puntos obtenidos se puede observar que la aproximación es bastante buena. Con San Nicolás al oeste, Buerán al Norte y las BTS externas de Cascarillas y Santa Rita el nivel de traslape inter-BTS es muy alto ya que como se puede observar existe presencia de Buerán y San Nicolás en lugares muy cercanos al nodo Sr. Pungo.

La BTS Buerán sirve a la gran mayoría del centro de la Provincia, se destaca en zonas como Ingapirca, Biblián, Nazón, etc. Al sur se traslapa con las BTS de San Nicolás y Sr. Pungo a la altura del límite entre Azogues y Biblián, Al norte se presenta igual

situación con la BTS de Carshao, a la altura de Cañar y El Tambo. Esta BTS no cubre la ciudad de Cañar y sus alrededores por la geografía de los mismos, y en estos sitios se ha comprobado la existencia de señal proveniente del nodo Carshao.

BTS Carshao:

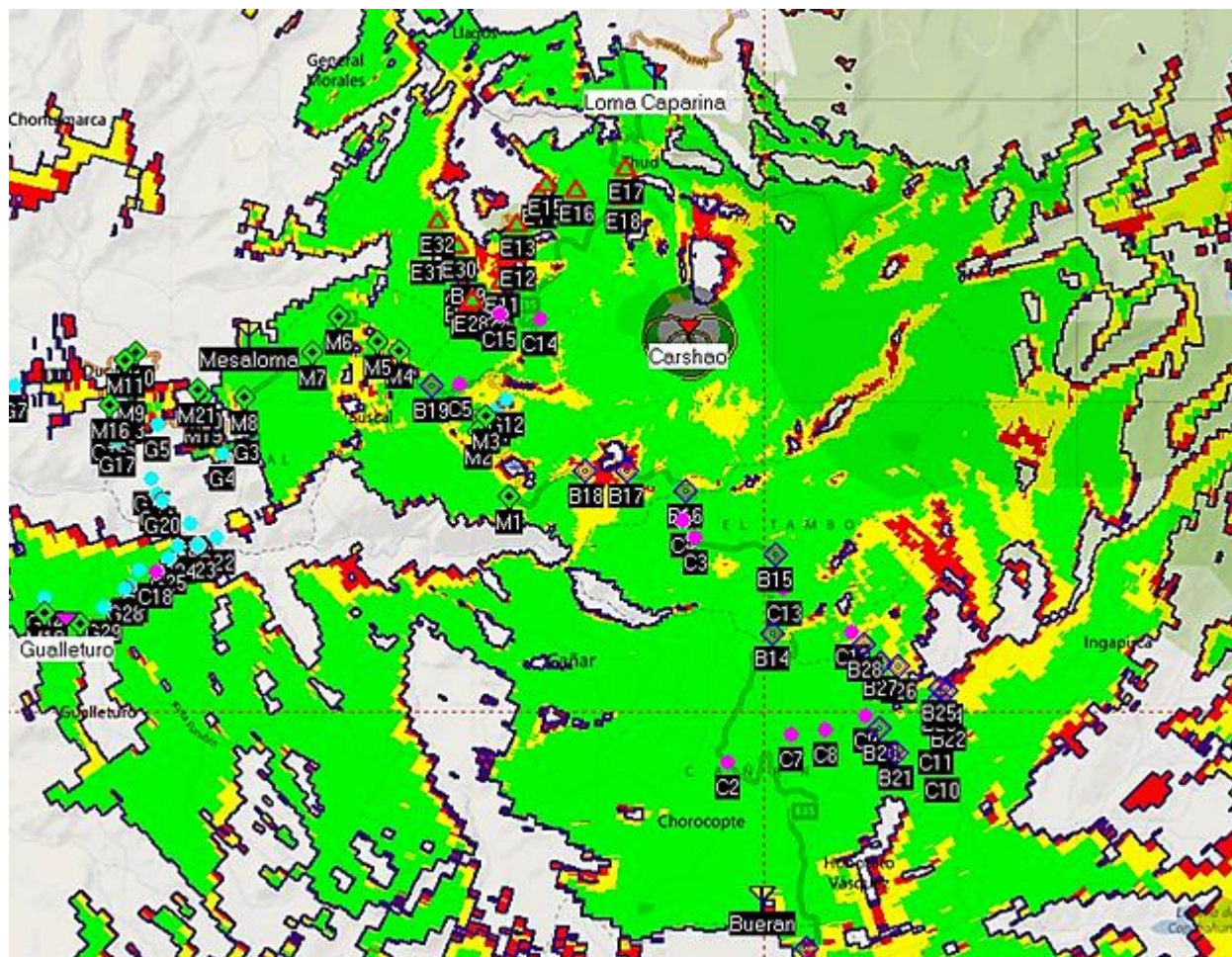


Figura 4.5-3: Puntos de Cobertura Carshao

La BTS de Carshao sirve principalmente a la zona Centro-Norte de la Provincia, dado que está ubicada mucho más alto que las BTS cercanas predomina en lugares como Cañar, Honorato Vásquez, Suscal y zonas aledañas. Existe interferencia de la BTS de Buerán principalmente en la ciudad de Cañar y varios puntos de El Tambo.

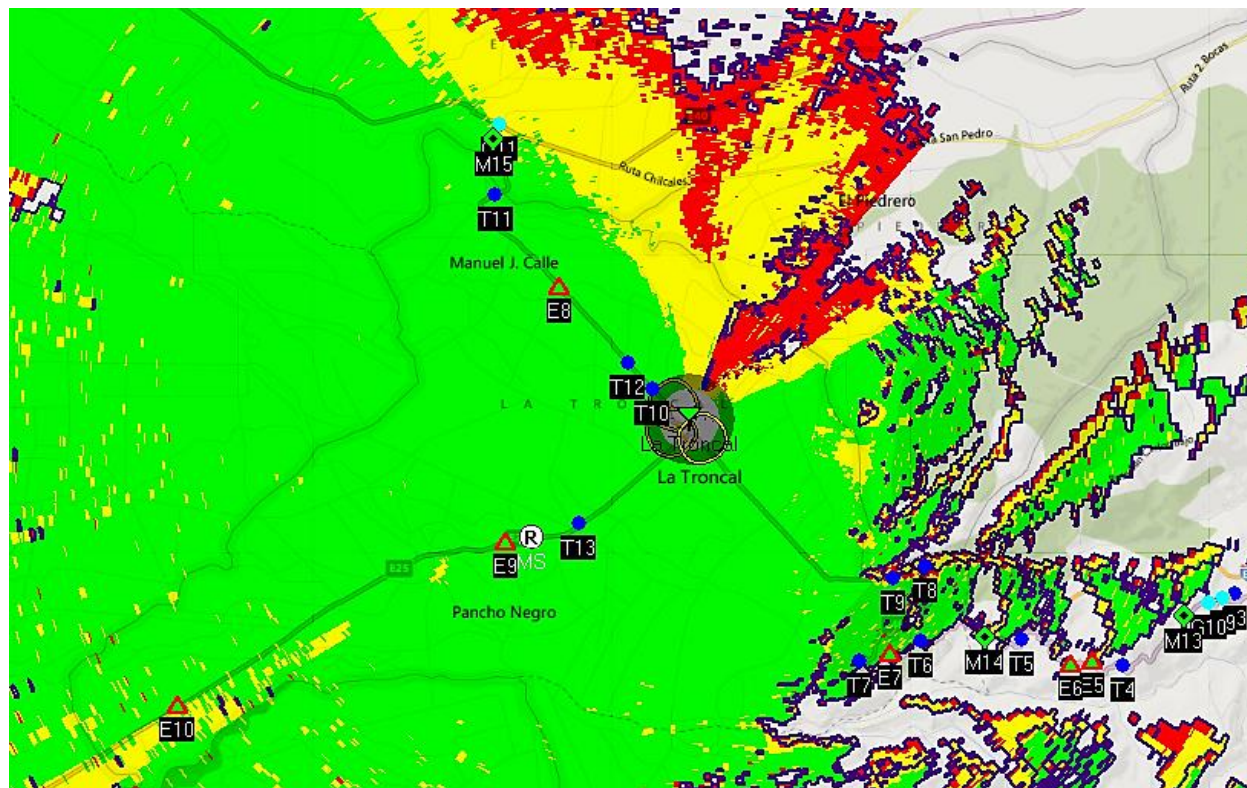
BTS La Troncal:

Figura 4.5-4: Puntos de cobertura La Troncal

La BTS La Troncal sirve a la zona nor-occidental de la provincia, teniendo inconvenientes principalmente en la zona limítrofe con la provincia del Guayas, en donde se traslapa con las BTS de esa Provincia y en parte con la BTS Mesaloma, cuya ubicación le permite llegar con línea de vista hacia estos lugares mencionados. En los sectores Pancho Negro y La Puntilla donde se debería contar con el servicio en las mejores condiciones se ha detectado la presencia de sectores ajenos a la Provincia, y debido a que tienen una potencia un poco más elevada, genera inconvenientes con los terminales de usuario por cuanto estos al evaluar la mejor potencia escogerán a una BTS a la cual no pertenecen.

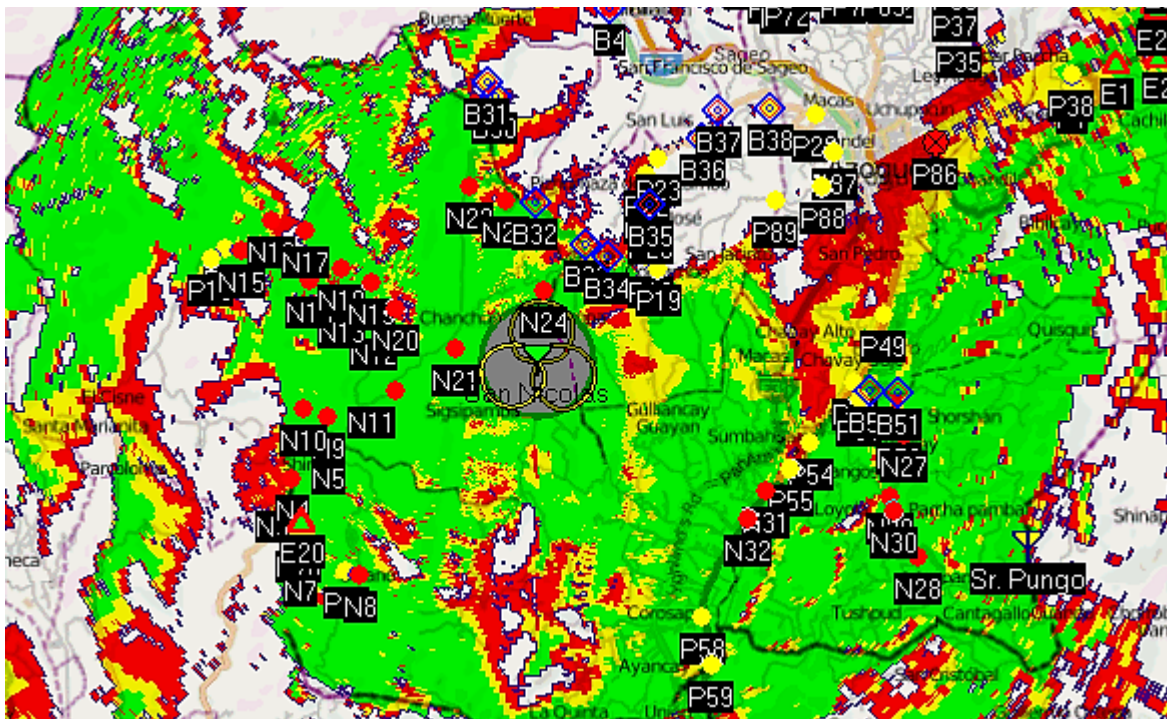
BTS San Nicolás:

Figura 4.5-5: Puntos de cobertura San Nicolás

El nodo San Nicolás ha sido colocado para descongestionar en cierta parte al nodo Sr. Pungo, debido a la cercanía de estos nodos se comprueba la existencia de interferencia generada entre ambos, e incluso en los sectores limítrofes del diagrama se detecta la presencia del nodo Buerán y de Sr. Pungo.

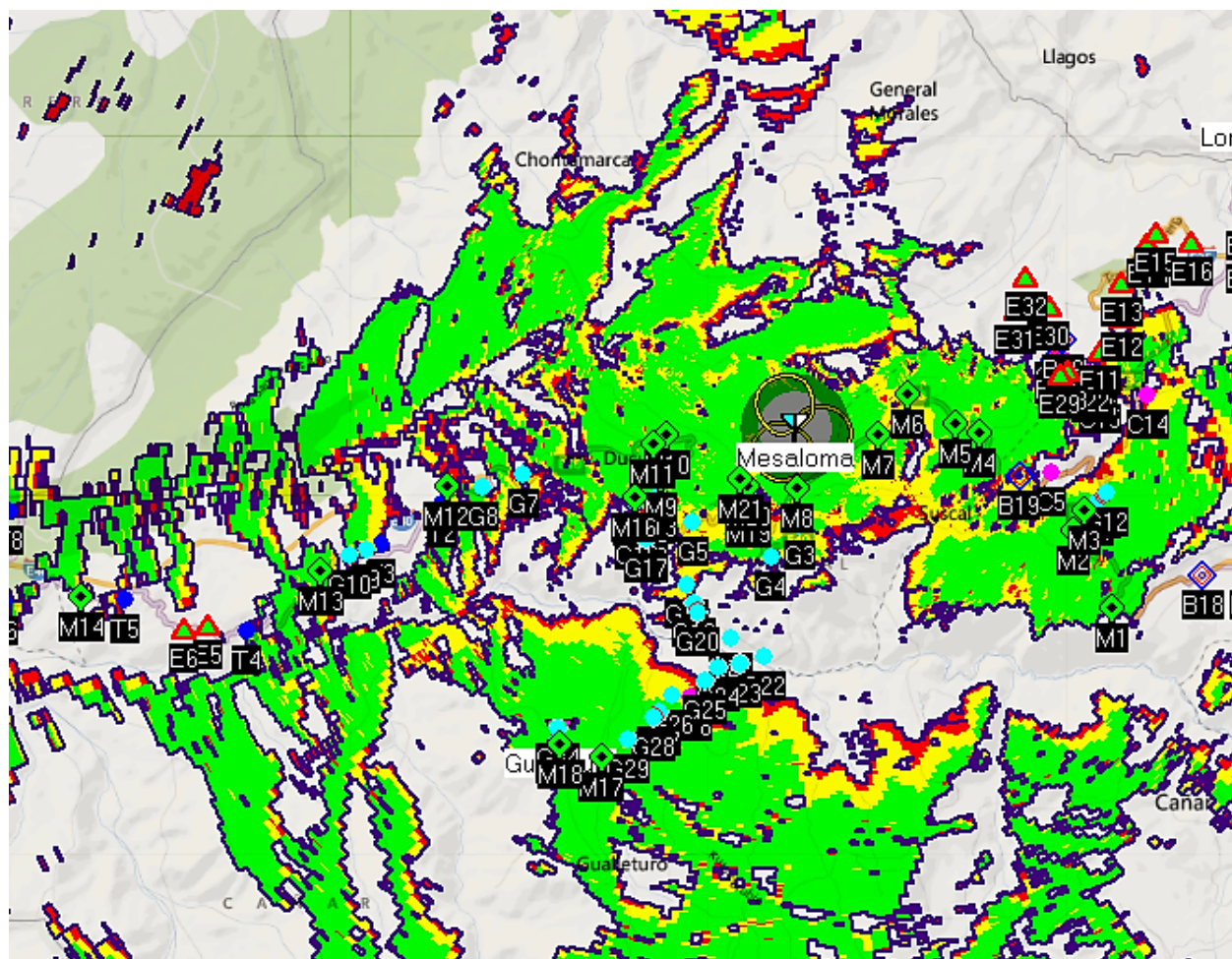
BTS Mesaloma:

Figura 4.5-6: Puntos de cobertura Mesaloma

La BTS Mesaloma brinda cobertura en prácticamente toda la vía Suscal-La Troncal, en partes de Gualleturo, Ducur y Chontamarca. Se verifica que existe presencia del nodo Buerán y en la parte limítrofe norte la presencia del nodo Loma Caparina que es a que sirve a la localidad Gral. Morales

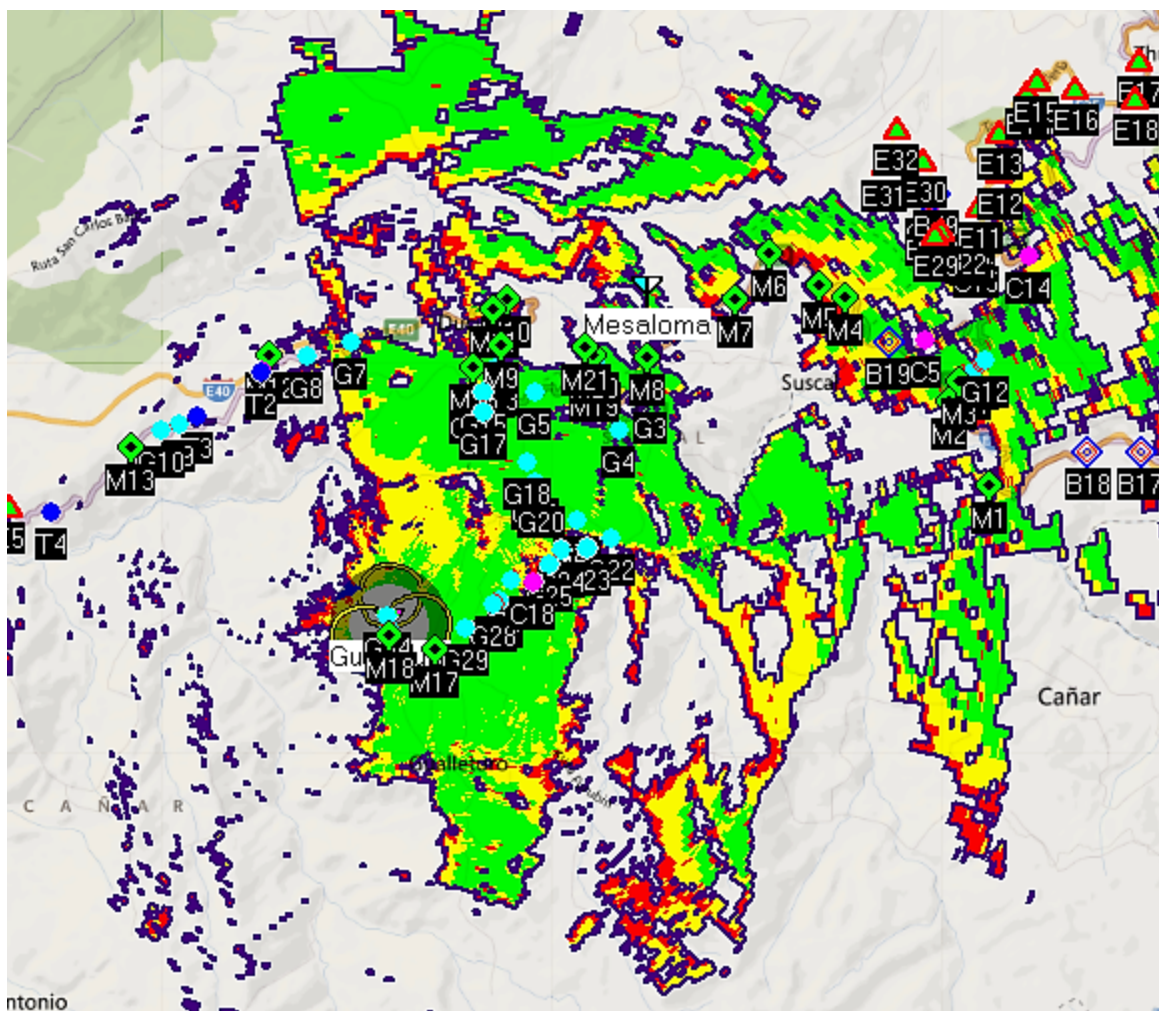
BTS Gualleturo:

Figura 4.5-7: Puntos de cobertura Gualleturo

La cobertura de Gualleturo está ligeramente limitada por cuanto la posición del nodo no permite la mejor propagación, pero según el diagrama de radiación generado se suponía la existencia de esta señal en la parte de Manuel J. Calle y el tramo de la vía que une a la Troncal, y se comprueba que este diagrama es correcto por cuanto en los recorridos por los lugares antes mencionados se ha detectado la presencia de Gualleturo.

4.6 Tráfico transportado por las BTS

Para tener una mejor apreciación de la cantidad de tráfico que maneja cada BTS, se realiza un monitoreo del mismo durante la primera semana de Abril, se escoge ésta ya que no tiene días festivos u otros eventos y por lo tanto brinda una visión del tráfico que generalmente cursa por cada sector. Se presentan a continuación los gráficos sobre el valor de tráfico cursado en un lapso de 30 segundos por cada sector y por cada portador.

Se conoce de las características del fabricante que la cantidad de canales de tráfico por portador en cada uno de los nodos es igual a 35, por lo que para conocer la cantidad de tráfico ofrecido que soportaría cada portador se hace referencia a la fórmula de Erlang B o Probabilidad de Bloqueo. La fórmula de cálculo de la Probabilidad de Bloqueo o Perdida es bastante compleja por cuanto se usa el Extracto de la Tabla de la Formula de Perdida Erlang, PLANITU-Doc-218-S, la misma que presenta una alta exactitud y es muy utilizada para este tipo de cálculos, y una sección de esta tabla se encuentra en el Anexo 3 del presente documento. Teniendo como punto de partida una Probabilidad de Bloqueo del 2% siguiendo las recomendaciones de la ITU, y una cantidad de canales igual a 35 se obtiene un total de tráfico ofrecido de 26.4erl por cada portador. Este valor nos permitirá tener una referencia respecto al tráfico máximo que debería estar cursando cada portador y compararlo con el tráfico real que se tiene en cada uno de los nodos.

A continuación se presentan gráficos con la información de los niveles de tráfico que manejan los portadores de cada BTS de la provincia, y se hace un análisis comparativo respecto al nivel de tráfico máximo calculado anteriormente.

Tráfico cursado por BTS Buerán:

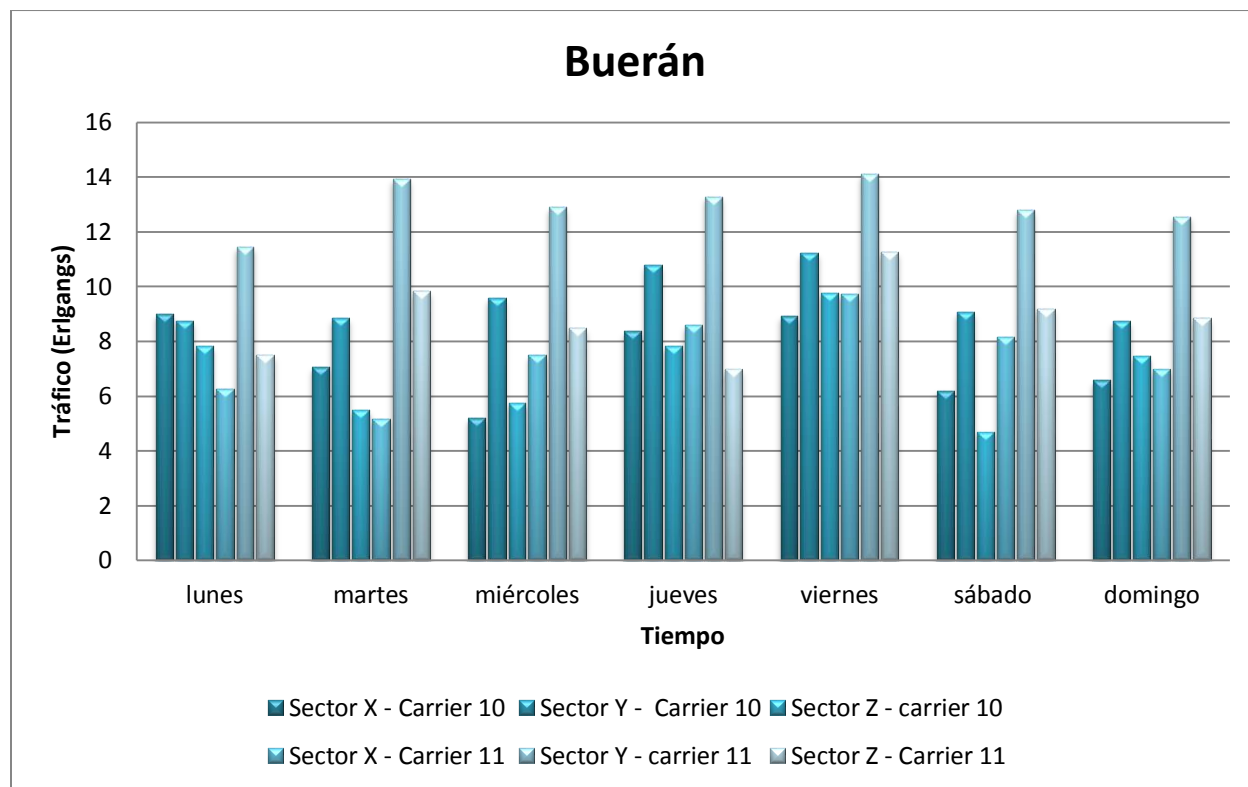


Figura 4.6.1: Tráfico Cursado BTS Buerán – Abril 01-07 del 2013

Como se puede apreciar en la figura 4.6.1 en el nodo Buerán existe una portadora que está trabajando con mayor cantidad de tráfico que las demás, ésta es la portadora 11 del sector Y, la cual tiene picos de hasta 14Erl, sin embargo se encuentra por debajo del valor máximo calculado (26.4erl) por cuanto la saturación de tráfico no es un problema a considerar en esta BTS. Además se observa que la mayoría de sectores y portadoras están siendo usados casi por igual lo que podría indicar que existe una cantidad equilibrada de usuarios en todos los sectores en los que sirve este nodo.

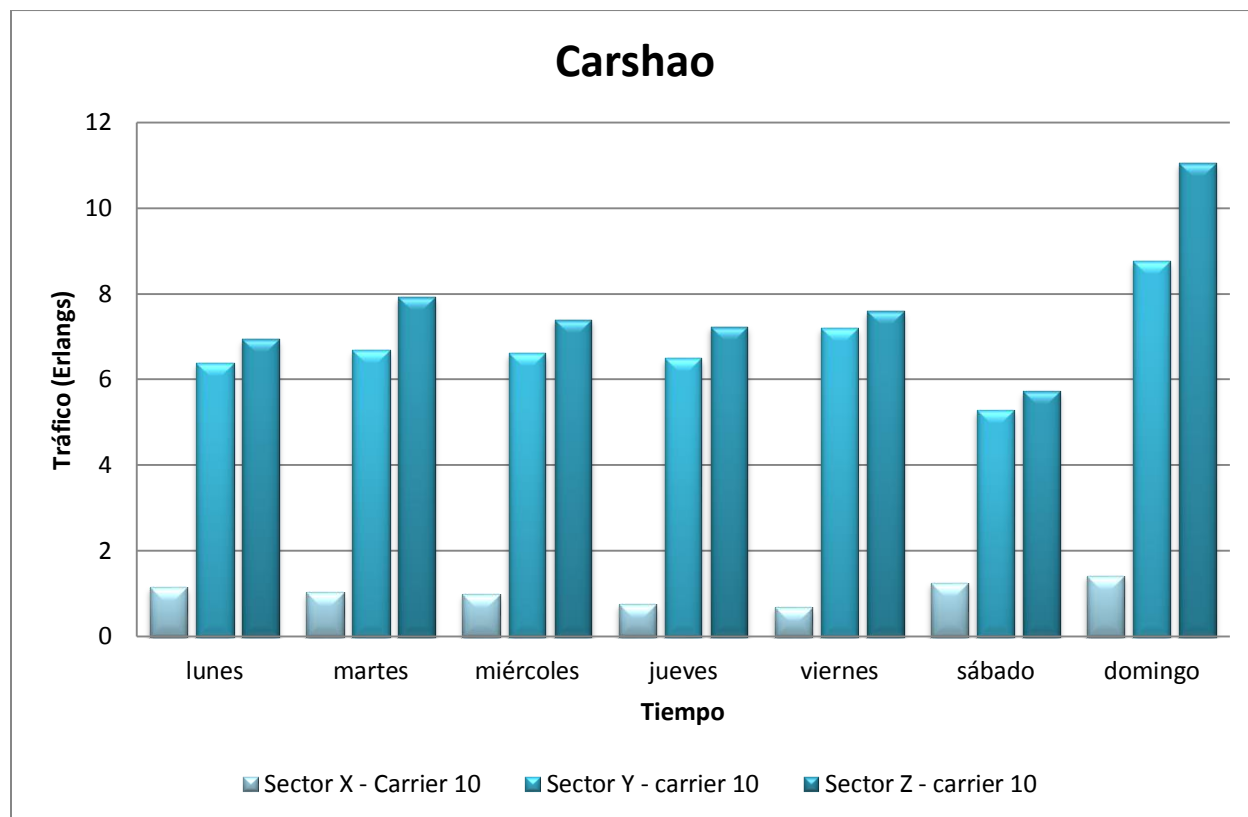
Tráfico cursado por BTS Carshao:

Figura 4.6.2: Tráfico Cursado BTS Carshao – Abril 01-07 del 2013

En el gráfico de barras del tráfico que soporta la BTS Carshao se puede identificar claramente la subutilización del sector X, con valores de tráfico menores a 1Erl, el mismo que apunta al norte, esto indica probablemente una baja densidad de usuarios que se encuentran en este sector. El sector Y y Z manejan valores de tráfico semejantes, siendo los valores pico de 11Erl, el mismo que no supera el valor máximo. Esto significa que la demanda en los sectores que cubre este nodo no es tan alta, y por lo mismo no se ha visto la necesidad de añadir una nueva portadora de voz.

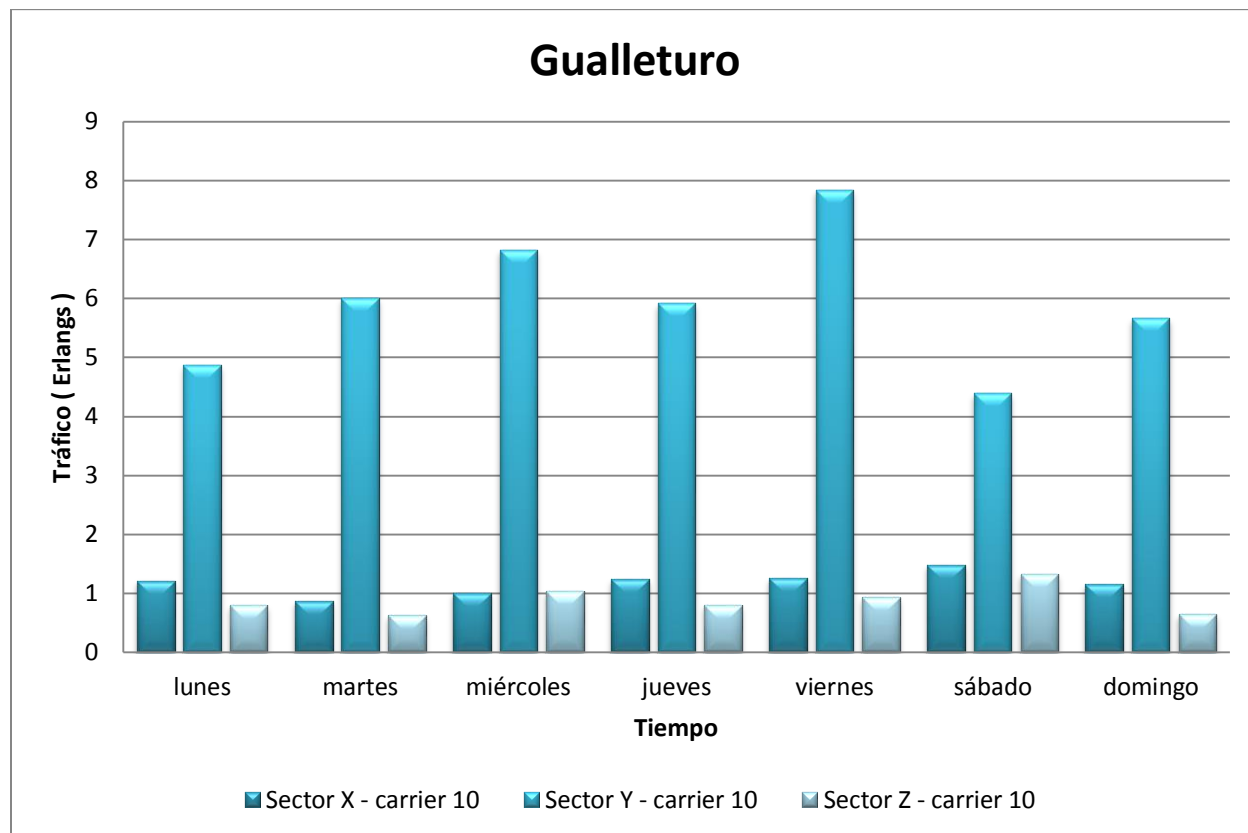
Tráfico cursado por BTS Gualleturo:

Figura 4.6.3: Tráfico Cursado Gualleturo – Abril 01-07 del 2013

La BTS de Gualleturo al ser recientemente implementada, evidentemente maneja bajos valores de tráfico, como se aprecia los sectores X y Z están muy por debajo de 1Erl. y el pico máximo que se obtiene se da en el sector Y, que es de 4Erl. Adicionalmente la baja cantidad de abonados en los sectores subutilizados se podría deber a la ubicación de la BTS ya que en los diagramas de radiación generados y la comprobación in situ realizada se observó que la propagación de uno de los sectores se ve bloqueada por la geografía del lugar.

Tráfico cursado por BTS La Troncal:

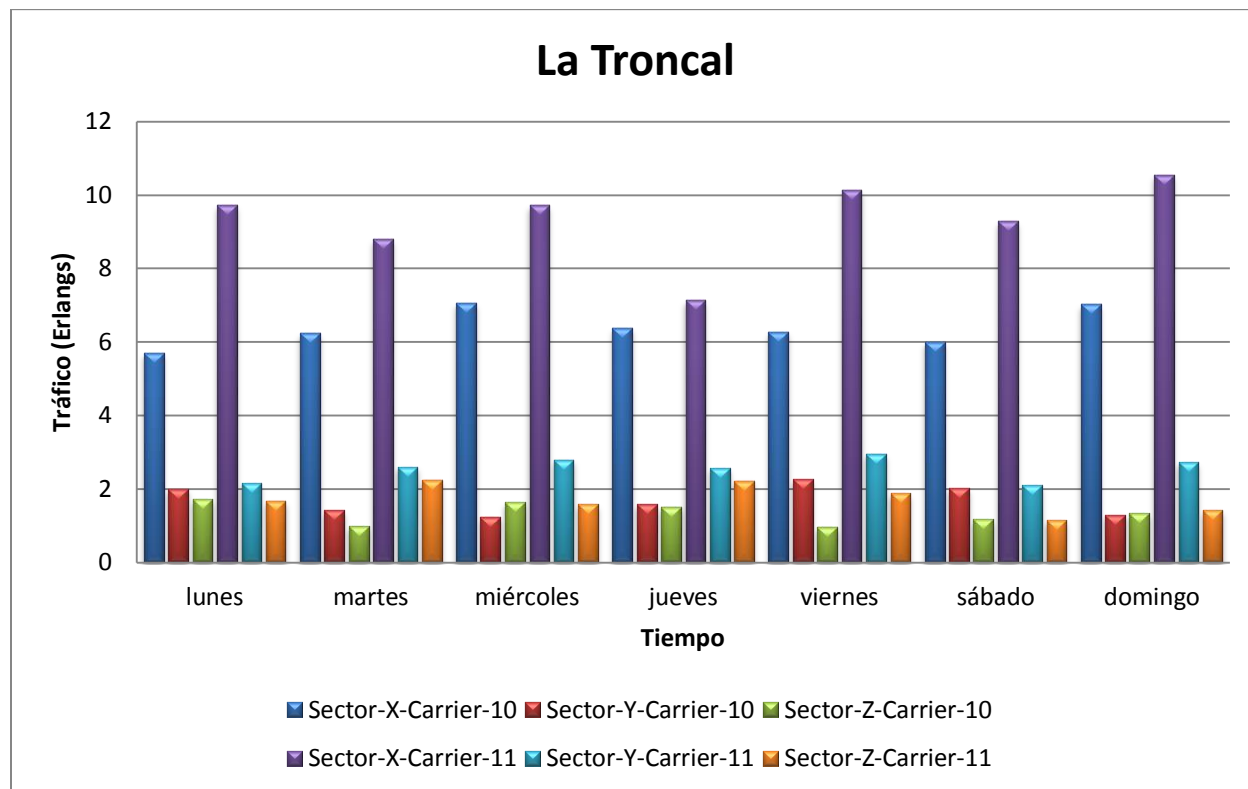


Figura 4.6.4: Tráfico Cursado BTS La Troncal – Abril 01-07 del 2013

La BTS La Troncal presenta un comportamiento bastante interesante, de lo que revelan las gráficas el sector X (portadoras 10 y 11) es el que mayor cantidad de tráfico maneja, y la diferencia entre la portadora 10 y la 11 del mismo sector no es muy grande. El sector Y y Z por el contrario manejan un tráfico muy bajo que apenas llega a 3Erl. y el comportamiento es el mismo en ambas portadoras de cada sector, pero en este caso tampoco se excede el límite máximo.

En este punto se puede acotar que el bajo tráfico existente en los 2 sectores de la gráfica se debe a que en las localidades que se encuentran servidas por estos sectores, se ha detectado la presencia de portadoras correspondientes a la BTS del Guayas, la misma que al tener una potencia más alta que la de la BTS La Troncal permite que el terminal de usuario se enganche a dicha portadora, pero no pueda realizar ni recibir llamadas por cuanto la serie numérica es discriminada por provincias

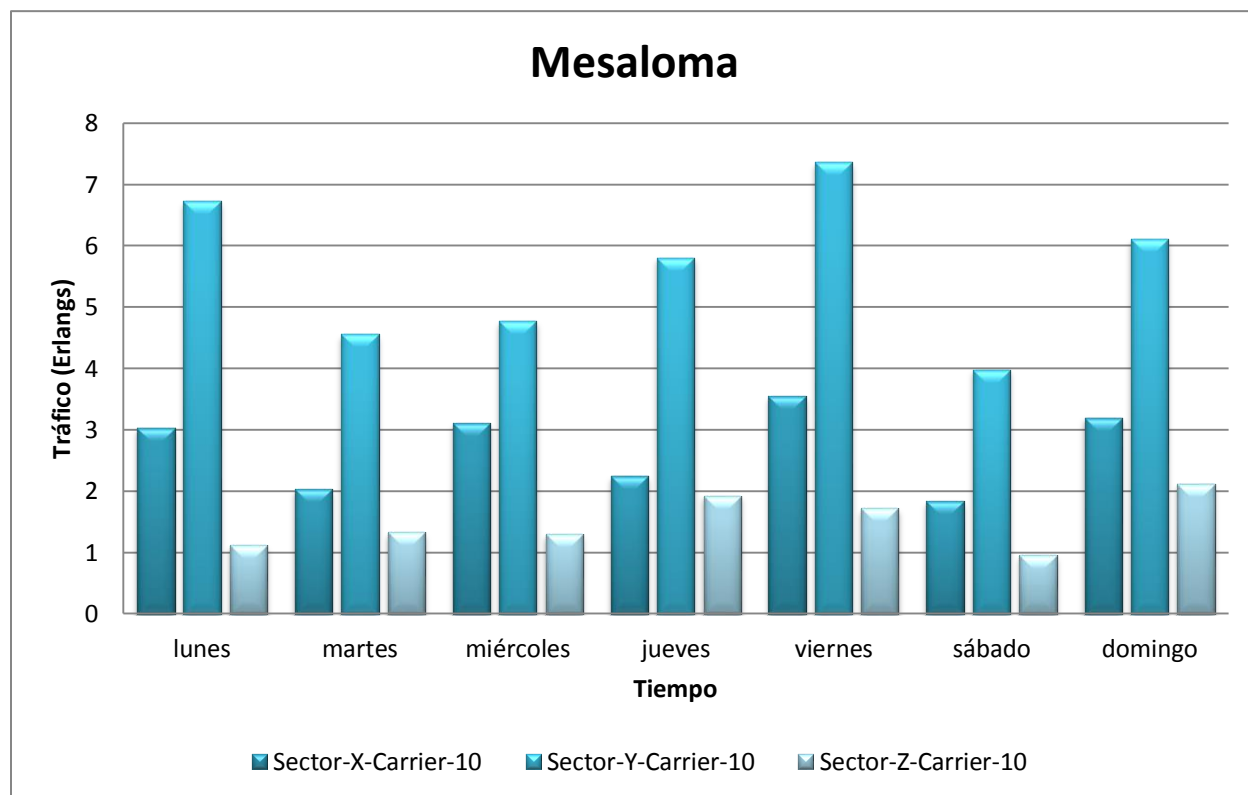
Tráfico cursado por BTS Mesaloma:

Figura 4.6.5: Tráfico Cursado BTS Mesaloma – Abril 01-07 del 2013

La BTS de Mesaloma es el mismo caso de Gualleturo, en esta se puede observar que el sector Z es el menos utilizado y de sector Y es el que maneja mayor cantidad de tráfico, teniendo picos de 3.5Erl.

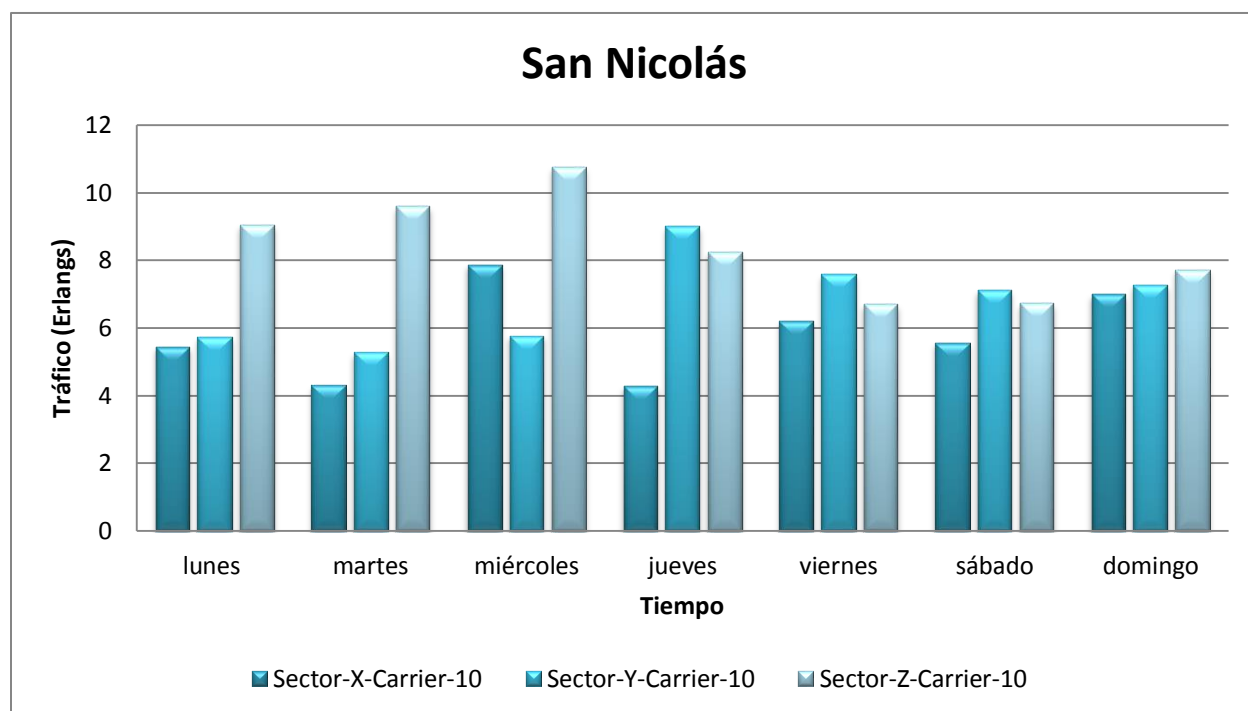
Tráfico cursado por BTS San Nicolás:

Figura 4.6.7: Tráfico Cursado BTS San Nicolás – Abril 01-07 del 2013

El comportamiento del tráfico en la BTS San Nicolás revela que todos los sectores están siendo utilizados en la misma proporción y tienen una carga semejante en cada uno. Los niveles máximos que se encuentran son de 11Erl.

Tráfico cursado por BTS Sr. Pungo:

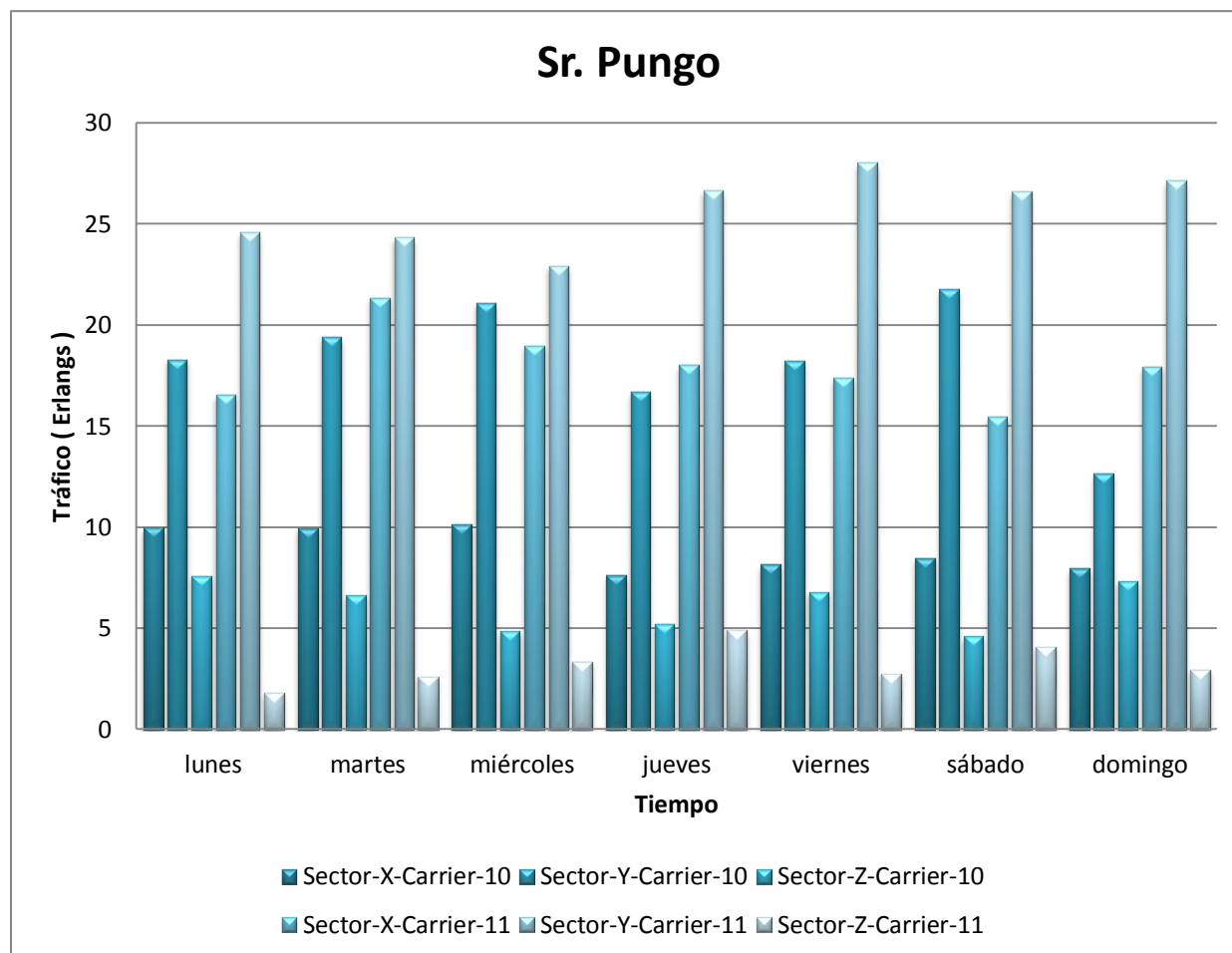


Figura 4.6.8: Tráfico Cursado BTS Sr. Pungo – Abril 01-07 del 2013

El caso de Sr. Pungo según las gráficas es el caso más crítico en cuanto a manejo de tráfico se refiere, como se puede observar el sector Y en el carrier 11 cursa valores de hasta 28Erl, es decir más que el valor de tráfico para el cual fueron diseñados. Esto está generando problemas en los lugares atendidos por este sector por cuanto no pueden establecer comunicaciones exitosas de manera rápida. Realizando un cálculo inverso para conocer la cantidad de usuarios simultáneos en el sector, se usa la tabla Erlang B del Anexo 3, en la que con la tasa de tráfico cursado y considerando los 35 canales que posee se obtiene que la probabilidad de bloqueo en

ese sector estaría entre el 4% y 5%, este problema implica que el sector está trabajando por sobre la capacidad para la cual fue dimensionado, y explicaría los problemas identificados en los lugares servidos por este nodo. Más adelante se hará una referencia a los reclamos recibidos en la CNT,

Haciendo una comparación entre todas las BTS tomando como referencia el día viernes, que es donde se presenta el pico más alto de tráfico entre todas las BTS tenemos el siguiente cuadro:

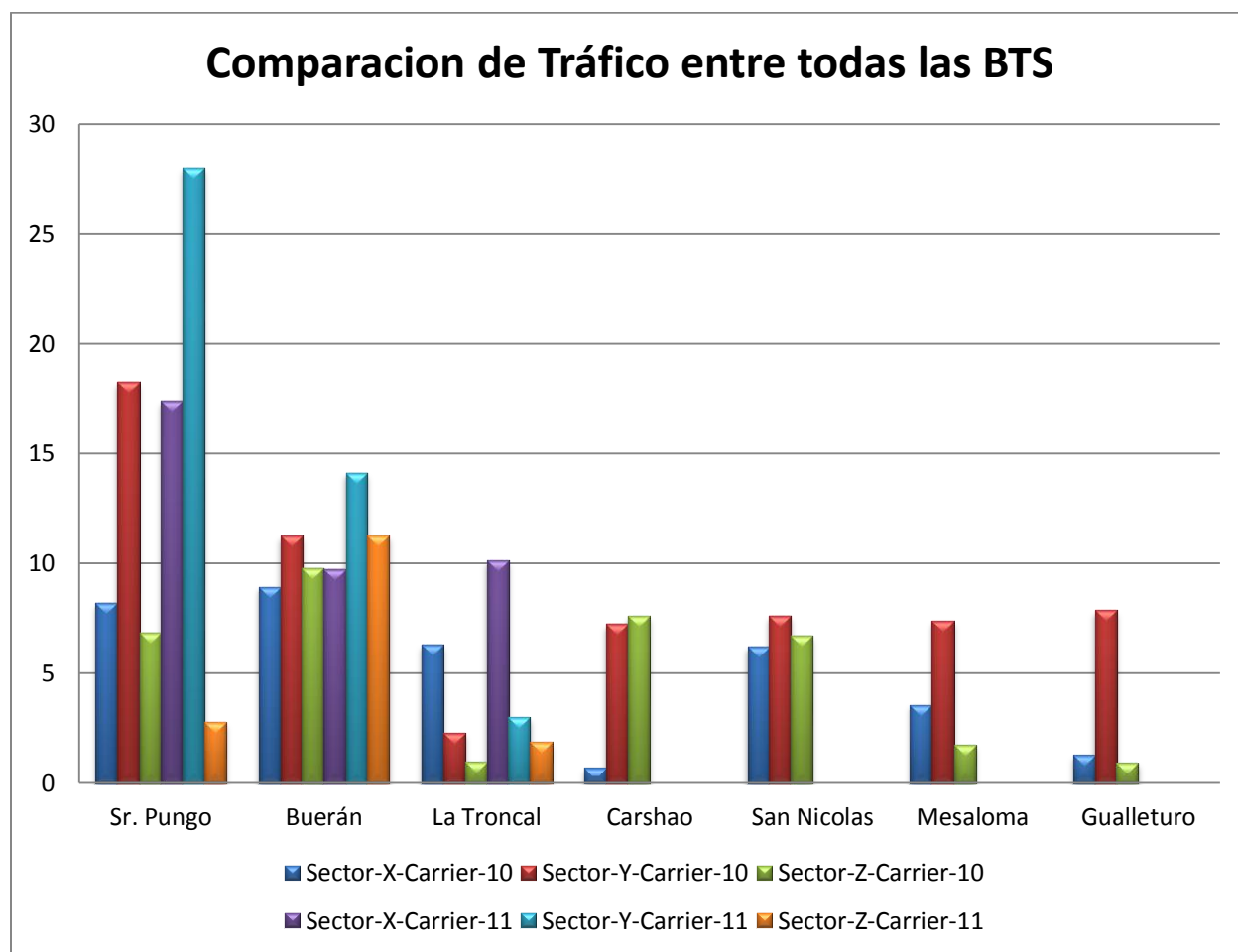


Figura 4.6-9: Comparación de tráfico entre todas las BTS

De esto se puede concluir que la mayor densidad de usuarios están en Sr. Pungo y Buerán debido a los altos niveles de tráfico, además de una sobresaturación de uno de los sectores de Sr. Pungo, el mismo que explica la cantidad de reclamos de las zonas que cubre dicho sector. Adicionalmente se aprecia una distribución casi equitativa de carga de tráfico en las portadoras de los sectores de Buerán, lo que no ocurre con el nodo Sr. Pungo ya que se aprecia la marcada diferencia entre cada portadora en el mismo sector. Esto puede sugerir una mala distribución de tráfico sobretodo en el sector Y. Además el nodo La Troncal que es el tercero entre los nodos con más tráfico solamente tiene un sector trabajando con niveles de hasta 10erl, esto podría concluir erróneamente en una baja densidad de usuarios en cada sector, pero en la visita al sitio se constató que existe la presencia de una BTS del Guayas, la misma que tiene un nivel de potencia superior a la de la BTS La Troncal por lo que los teléfonos se conectan a la de mayor nivel de potencia pero al ser de una serie numérica diferente no pueden realizar ni recibir llamadas, lo que genera reclamos por parte de los clientes.

4.7 Pruebas de llamadas:

Del punto anterior fácilmente se determina que el sector más saturado es el sector Y de la BTS Sr. Pungo, correspondiente al identificador que según el diagrama de radiación cubre el área de Azogues, Guapán, Bayas, Cojitambo, Luis Cordero, etc., por esta razón se ejecuta el protocolo de pruebas definido en el punto 4.3. Para determinar la cantidad de llamadas a realizar se hace referencia a la cantidad de usuarios que fueron vendidos en Azogues y sectores aledaños. Según estadísticas de CNT la cantidad de abonados que estarían por localidades a finales del mes de mayo están distribuidos de la siguiente manera:

Localidad	Abonados	Capacidad Máxima
AZOGUES	2.390	2.455
BIBLIAN	434	445
CAÑAR	1.901	3.375
DELEG	895	990
LA TRONCAL	1.153	1.550

Tabla 4.7-1: Distribución de usuarios según localidad.

Por lo tanto tomando el 5% de la cantidad de abonados que están registrados como Azogues (esta localidad incluye los sitios de Guapán, Agüilan, Luis Cordero, Cojitambo, Bayas, etc.) la muestra debería ser como mínimo de 115 llamadas. Las llamadas se efectúan en diferentes lugares, y con diferentes potencias de recepción, en el Anexo 5 se detalla cada punto desde el cual ha sido realizada la llamada y las características que ésta presenta. Cabe aclarar que el número de usuarios presentado en el cuadro no refleja a cantidad exacta de abonados que se enganchan hacia Sr. Pungo, ya que la movilidad con la que cuentan los terminales ha facilitado que los usuarios se desplacen de un área a otra y es casi imposible determinar su verdadera ubicación y por tanto la cantidad de usuarios que están dentro del área de cobertura de determinada BTS.

Siguiendo el protocolo establecido para realizar las pruebas se realizan llamadas principalmente al Call Center, a un número convencional o PSTN y a un terminal CDMA, estas pruebas también fueron realizadas durante los recorridos por la Provincia, pero la mayor cantidad de pruebas de este tipo se realizaron en los sectores servidos por Sr. Pungo.

A continuación se resume el total de llamadas realizadas para verificar el funcionamiento de la red, dichas llamadas son hechas sobre la BTS Sr. Pungo en distintos días, incluyendo el día del padre considerado como de alto tráfico para la red.

Tipo	Cantidad
Llamadas a convencional en PSTN.	40
Llamada a Call Center (100).	40
Llamadas a CDMA.	20
Total Llamadas realizadas.	100
Llamadas Recibidas.	15
Total de Llamadas.	115
Promedio de establecimiento llamadas realizadas (s).	9.1673
Porcentaje de llamadas entrecortadas.	13.04%
Promedio de establecimiento llamadas recibidas (s).	0.44
Porcentaje de llamadas Caídas	1.74%
Porcentaje de llamadas pésimas	0.87%

Tabla 4.7-2: Detalle de Llamadas

Las llamadas se realizaron en distintos lugares con distintas potencias sobre la BTS Sr. Pungo, para mayor detalle refiérase al Anexo 5. Durante las pruebas de potencia se realizaron llamadas sobre las demás BTS, ninguna presenta problemas salvo en zonas de potencias muy bajas, iguales o menores a los -95 dBm.

Tanto la llamada que tuvo una pésima calidad, y por pésima se hace referencia a una llamada llena de cortes en la comunicación, ruido, y que no permite entender el mensaje, como las llamadas caídas se dieron en el sector de Nudpud, con potencia de -96 dBm. Así que se atribuye la causa a la baja potencia y al alto tráfico que cursa el sector que cubre este lugar. Siendo ésta una de las zonas con más problemas registrados de servicio, el comportamiento es similar en el resto de localidades que cubre Sr Pungo con una potencia bastante degradada.

El tiempo de establecimiento de llamadas se mide desde que se presiona el botón de “call” hasta que se escucha el timbre que indica que la llamada está siendo cursada, dicho tiempo varía para las llamadas realizadas entre 3 y 13 segundos, a continuación se presenta un diagrama donde se indica el porcentaje de llamadas según el tiempo de establecimiento de las mismas.

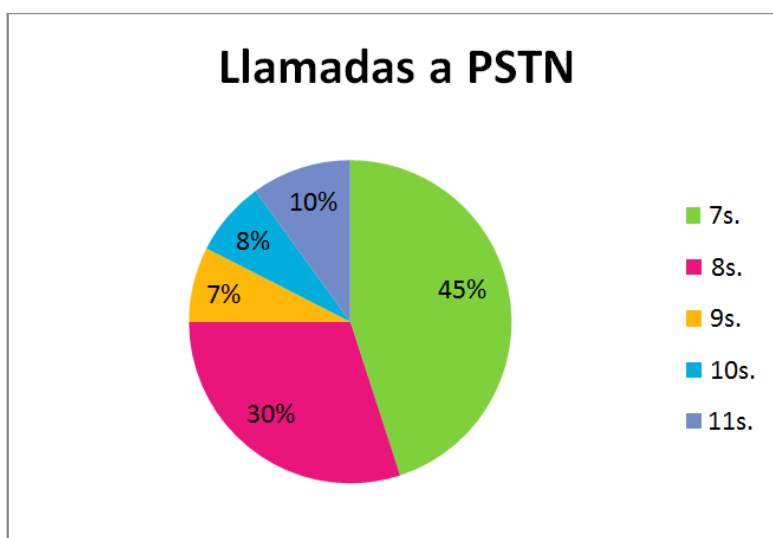


Figura 4.7-1: Porcentaje de llamadas según tiempo de establecimiento. Llamadas a PSTN

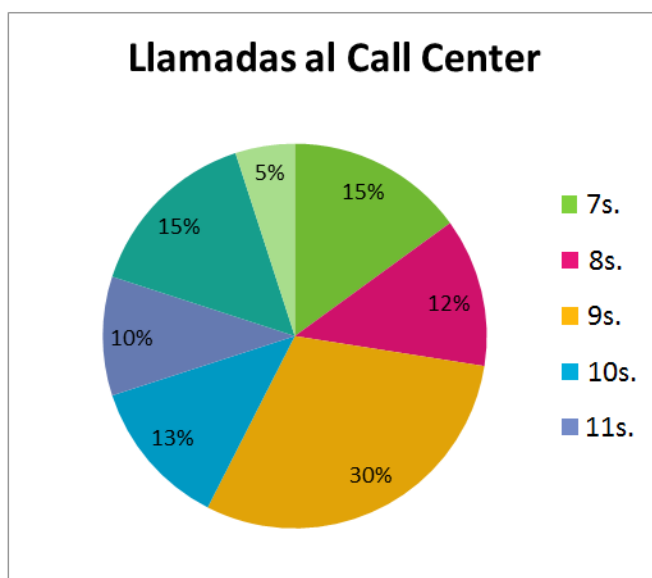


Figura 4.7-2: Porcentaje de llamadas según el tiempo de establecimiento. Llamadas a Call Center.

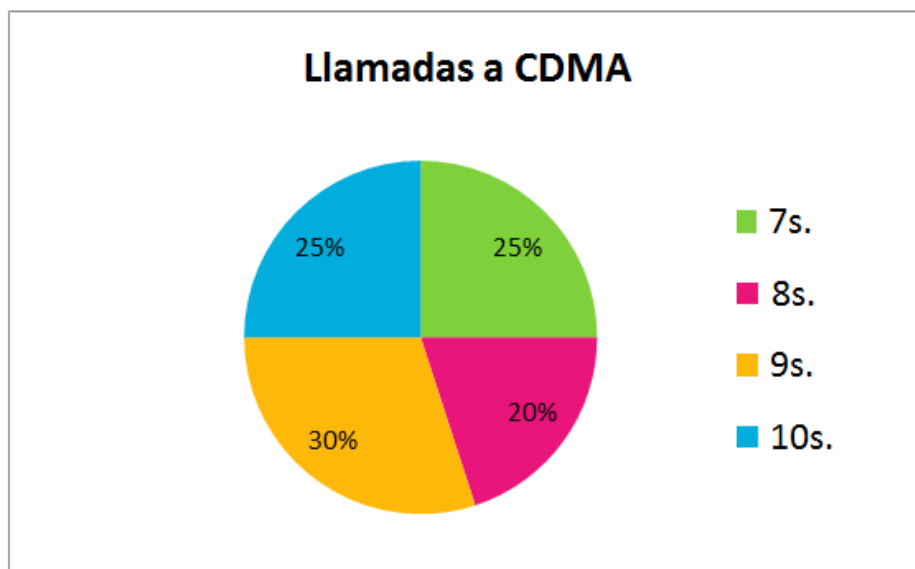


Figura 4.7-3: Porcentaje de llamadas según el tiempo de establecimiento. Llamadas a CDMA

Del gráfico anterior se observa que más del 30 % de las llamadas efectuadas están sobre los 9 segundos en llamadas a números CDMA y al Call Center, mientras que de las llamadas a los números convencionales un 45 % está entre 7 segundos o menos.

Existe un porcentaje alto de llamadas entrecortadas (13.04%), las mismas permiten realizar la conversación y escuchar al interlocutor, pero con claros cortes en la transmisión de la voz, esto se atribuye al alto tráfico que la BTS cursa los fines de semana (las pruebas se realizaron los días Domingos, incluyendo un día festivo) lo que produce que las llamadas cursadas tengan una baja calidad.

Dado que se realizó llamadas tanto a un teléfono Convencional de la red de cobre, al Call Center de CNT y a otro teléfono CDMA, se resume en la siguiente tabla los resultados obtenidos de cada tipo de llamada.

	Llamadas a Convencional	Llamadas a Call Center	Llamadas a CDMA	Llamadas Recibidas
Número de llamadas:	40	40	20	15
Tiempo de establecimiento Promedio (s)	8.3418	9.9928	8.84	0.44
Porcentaje llamadas caídas:	5%	0%	0%	0%
Porcentaje llamadas entrecortadas:	12.50%	17.50%	15%	0%
Porcentaje llamadas pésimas:	0%	2.50%	0%	0%

Tabla 4.7-3 Resumen por tipo de llamada Realizada.

Se puede observar en la tabla 4.7-3 que no existen mayores problemas en el tráfico que ingresa a la red (llamadas que ingresan al sistema son cursadas rápidamente), presentan buena calidad y no se registraron llamadas caídas. Sin embargo dentro de las llamadas que se realizan existe un tiempo muy alto de hasta 13 segundos en que el sistema cursa la llamada ingresada y luego de eso existe un porcentaje del 15% en promedio de tener una llamada entrecortada o de mala calidad. Lo que indica una sobrepoblación de abonados y en general un servicio malo en zonas conectadas a Sr. Pungo.

Capítulo 5

Propuestas para solución de los problemas y mejoras de la calidad de servicio.

5.1 Problemas y soluciones comunes para redes de servicio CDMA450.

Antes de identificar los problemas puntuales existentes en la red, se procede a enumerar los problemas más comunes existentes en redes de este tipo, sus causas y las posibles soluciones.

5.1.1 Señal disponible, pero no se puede realizar llamadas.

- **Causas:** BTS sobresaturada - Potencia en el terminal aceptable pero relación señal a ruido mala.
- **Soluciones:** Aumentar la capacidad de la BTS – Mejorar la asignación de recursos - Aumentar la potencia de la portadora para mejorar la relación señal a ruido.

5.1.2 Potencia variable en el terminal.

- **Causas:** Variación de la carga de tráfico en la BTS - Interferencia en la portadora.
- **Soluciones:** Eliminar señales no deseadas - Instalar antenas externas para los terminales - Instalar nuevas BTS.

5.1.3 Llamadas caídas frecuentemente.

- **Causas:** Problemas de hardware, tarjetas dañadas o defectuosas - Problemas en la transmisión - BTS saturada.
- **Soluciones:** Reemplazar el hardware defectuoso - Ajustar potencia de la BTS - Instalar nuevas BTS.

5.1.4 Dificultad para originar llamadas en horas pico.

- **Causas:** Insuficiencia de recursos en la BTS. (Potencia o Elementos de canal) - Congestión en la red PSTN.
- **Soluciones:** Insertar una segunda portadora de ser posible. - Agregar más recursos de CE en las BTS - Instalar nuevas BTS - Incrementar la capacidad de la red PSTN.

5.2 Propuesta de mejoras en la red CDMA

El servicio que presta CNT.E.P. a través de la red CDMA 450 puede ser mejorada, para lo cual se proponen las siguientes soluciones:

5.2.1 Problema: Baja potencia en la zona “Ventura”.

Se verifica en sitio la existencia de los sectores pertenecientes a la BTS La Esperanza (P024 y P192), cuya potencia es de entre -90 y -100dBm, por cuanto el servicio en estas condiciones difícilmente podría servir.

Solución: A través de simulaciones de enlaces de radio mediante el uso del Software “Radio Mobile” se ha comprobado que existe línea de vista con el nodo Loma Caparina, aunque existe una distancia aproximada de 22Km, por lo que para comercializar el servicio en el sector de Ventura sería necesario solicitar el apuntamiento de un sector de Loma Caparina a un azimut aproximado de 300° y una potencia de al menos 30dBm para poder llegar a cubrir el lugar con potencias en el receptor de al menos -75dBm, lo cual permitiría un funcionamiento aceptable del servicio sin la necesidad de una antena externa. En la simulación se usa un sistema transmisor compuesto por una antena de características similares a la antena Agisson, usado en las simulaciones de cobertura, y del lado del receptor el sistema 3 está compuesto por una antena

omnidireccional con 2 dBi de ganancia como las que poseen los equipos terminales de usuario.

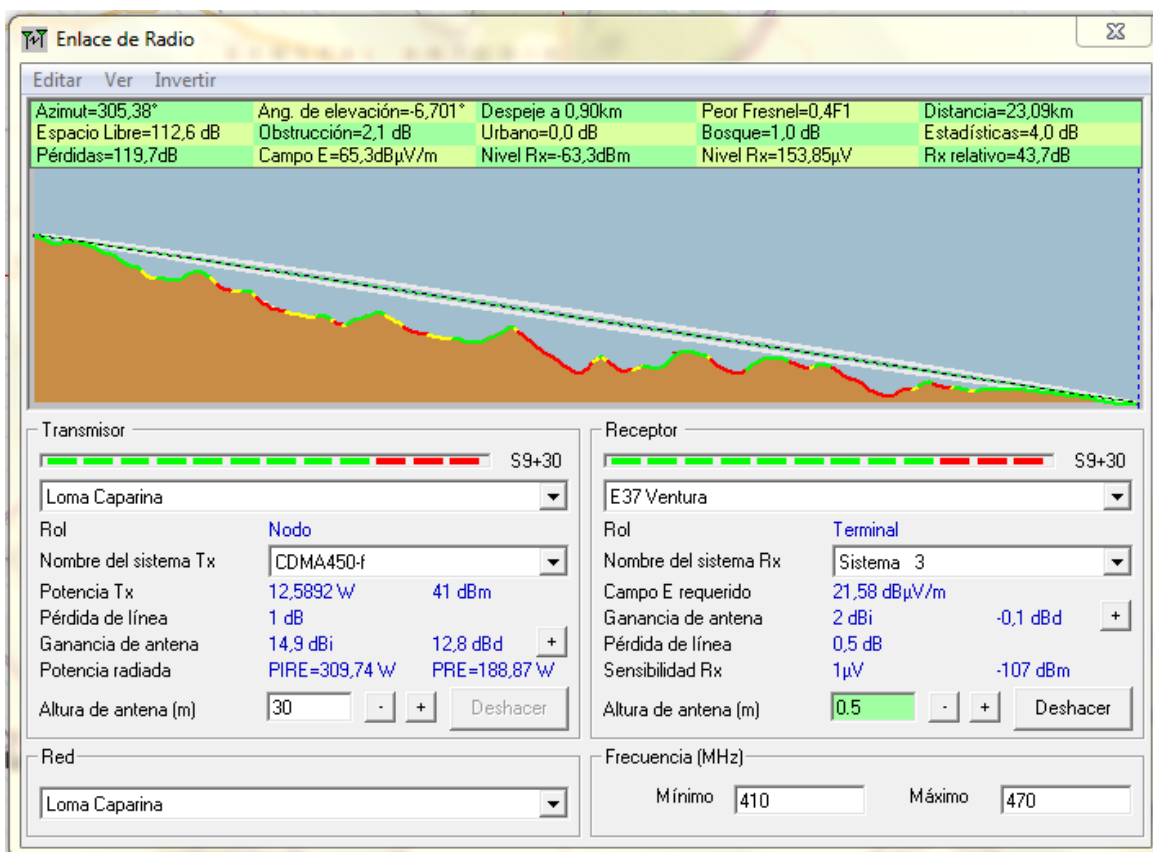


Figura 5.2-1 Perfil Loma Caparina, Ventura.

También se analizó la posibilidad de brindar el servicio desde alguna de las BTS existentes en la Provincia pero no se obtienen resultados favorables. Adicionalmente el nodo La Esperanza no se encontraría en línea de vista directa con el sitio sino que por el contrario se encuentra bloqueada por la geografía del sector, lo que dificulta que el nivel de potencia sea el adecuado.

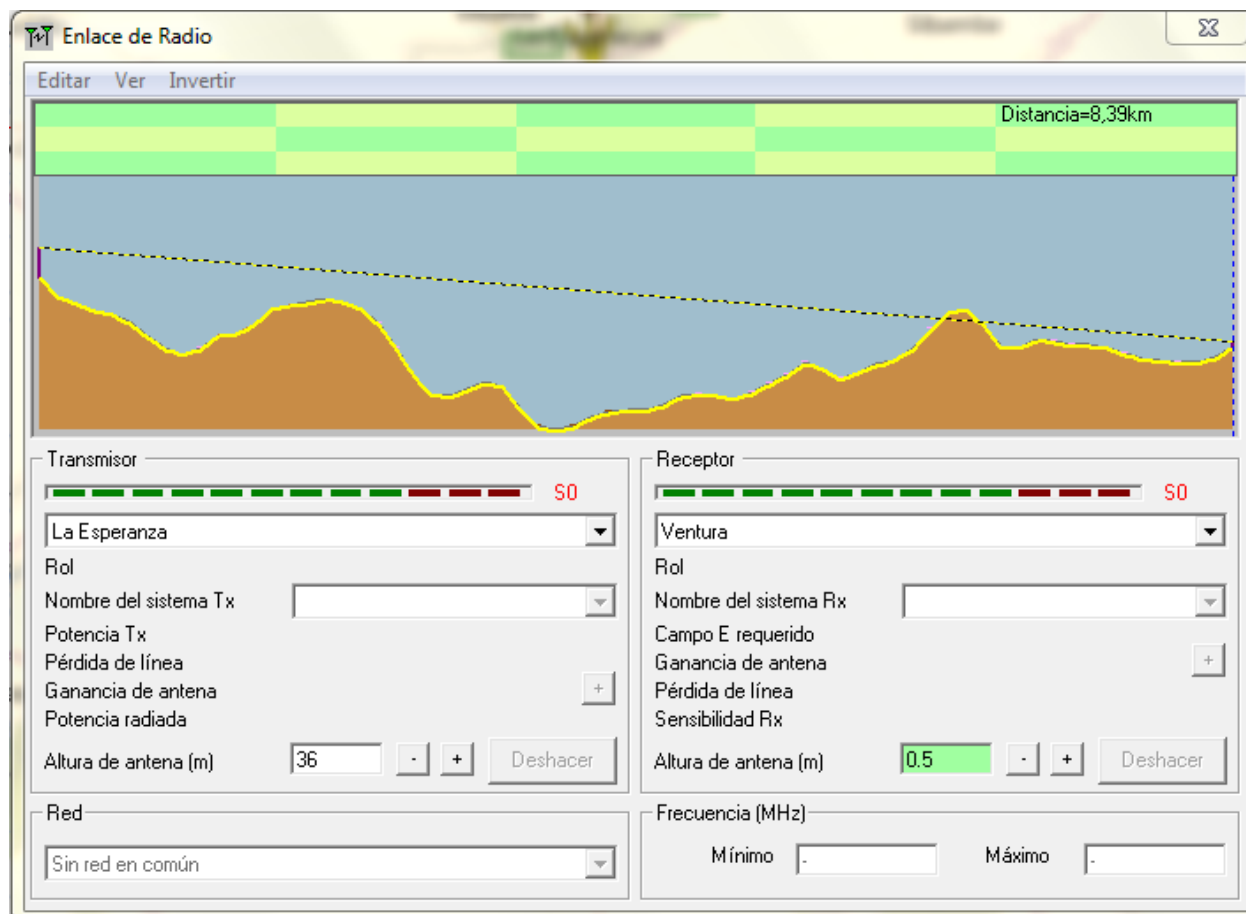


Figura 5.2-2: Perfil La Esperanza, Ventura.

5.2.2 Problema: Alta cantidad de tráfico en la BTS Sr. Pungo.

Mediante el análisis realizado en el punto 4.6, se observa el exceso de tráfico y de clientes que maneja dicha BTS, ocasionando problemas de establecimiento y caídas de llamadas. Este problema deriva en otros como caída de llamadas y dificultad para generar llamadas.

Solución 1: basados en los puntos 5.1.3 y 5.1.4 la propuesta es solicitar al fabricante un análisis de los CE's (Channel Elements) instalados en la BSC y la posibilidad de aumentarlos de manera que se pueda incrementar la capacidad de tráfico, esto no se realiza en el presente documento ya que no se dispone del dato de CE's instalados.

Solución 2: Descongestionar la zona que cubre la BTS SR. Pungo migrando de ser posible a los usuarios a las nuevas redes de cobre de algunas localidades (San miguel, Luis Cordero, Solano, Cojitambo), para que el servicio de CDMA 450 quede únicamente en los lugares donde las redes de cobre no pueden llegar.

Solución 3: Analizar la posibilidad de una segregación de usuarios según localidad y la BTS.

Solución 4: otra solución a partir del punto 5.1.3 es colocar una nueva BTS, pero lastimosamente la ubicación de estos poblados y la baja densidad de usuarios no la hace rentable, por lo que se recomienda que en esos sitios y en sitios con potencias inferiores a -85dBm se entregue al usuario antenas externas.

Solución 5: También se podría optar por configurar la BTS con 6 sectores, según las especificaciones técnicas del equipo si soportaría dicha configuración, de esta manera se ganaría capacidad por cuanto se aumentan 3 sectores más y cada uno con 26 Erl por portador, el área de cobertura no se vería reducida porque ahora en vez de 3 sectores de 120° se instalarían 6 sectores de 60°. Esta solución podría descongestionar el tráfico de los sectores y brindar un servicio de mejor calidad.

5.2.3 Problema: Zonas con baja potencia.

En toda la Provincia existen lugares que por su ubicación geográfica no obtienen un nivel aceptable de potencia (-85 dBm). Haciendo que la calidad del servicio sea deficiente.

Solución 1: A partir del punto 5.1.2 Revisar los niveles de potencia de las BTS que se encuentran cubriendo el área, para analizar la posibilidad de aumentarla a fin de mejorar el nivel de potencia en estas zonas.

Solución 2: En las zonas orientales del Cantón Azogues, como son Taday, Pindilig y Rivera existe una baja potencia de recepción proveniente del nodo Santa Rita, en este caso sería necesario conocer el apuntamiento y potencia radiada de este nodo a fin de determinar la posibilidad de aumentarlo. Otra posibilidad es una campaña para entrega masiva de antenas externas a los usuarios de esos sectores.

5.2.4 Problema: Sector no utilizado en Gualleturo.

En el Nodo Gualleturo claramente se estaría desperdiciando un sector, ya que según las simulaciones y por lo que se ha podido comprobar no cubre más que un pequeño sector cercano a la BTS; esto debido a que la montaña cercana bloquea la propagación de la señal. Y una señal bien débil proveniente al sector Z de este nodo es la que llega a la localidad de Javin, pero no es lo suficientemente fuerte como para garantizar el servicio en esta zona. Por lo tanto la ubicación actual de la BTS no se considera la más adecuada.

Solución: Reubicar la BTS; mediante la realización de simulaciones de sitios donde se debió colocar se obtiene que uno de los mejores lugares se encuentra ubicado en las coordenadas: 2°31'15.1" S 79°08'44.9", a 800mts del punto donde actualmente se encuentra la infraestructura, donde según las simulaciones además de cubrir toda la localidad de Gualleturo se puede cubrir la zona de Javin con la potencia necesaria, a continuación se presentan los enlaces de radio realizados para los puntos inicial y final de este poblado:

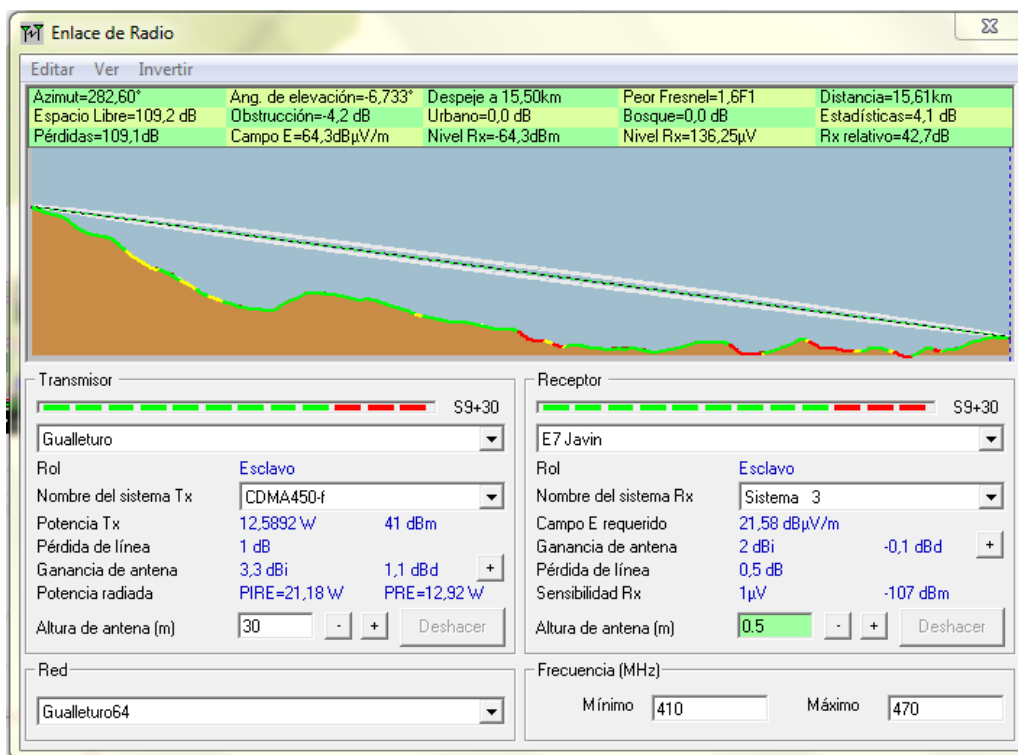


Figura 5.2-3: Perfil Gualleturo, inicio de Javin

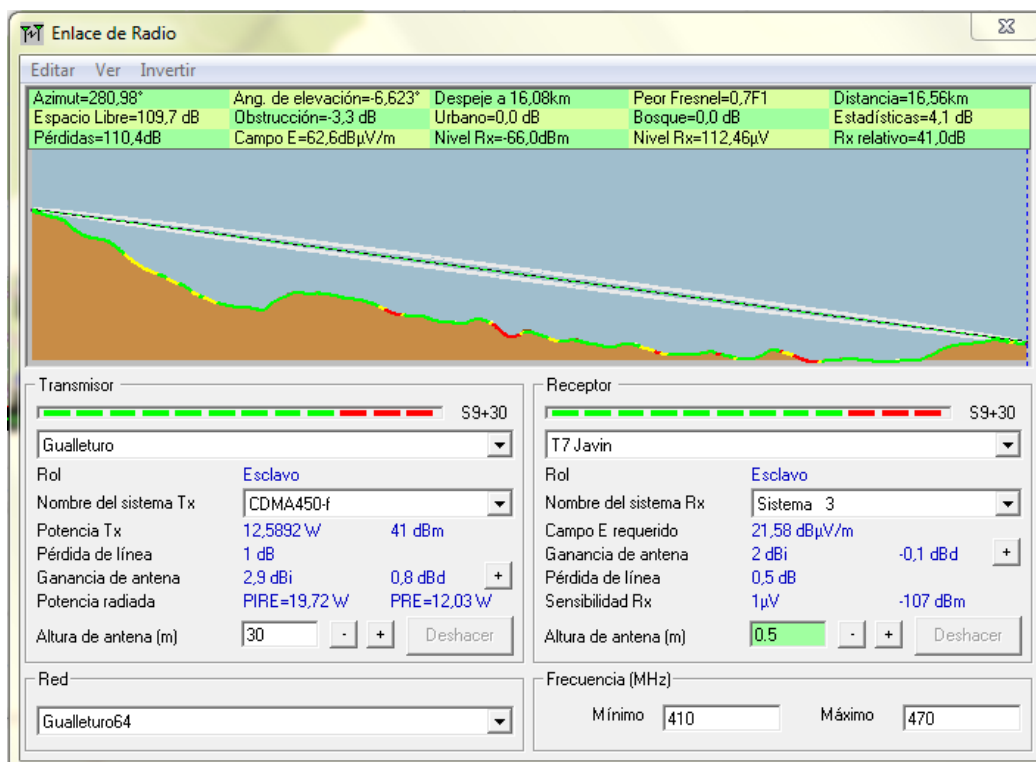


Figura 5.2-4: Perfil Gualleturo, final de Javin

El diagrama de cobertura de Gualleturo entonces quedaría de la siguiente manera, donde se verifica también la existencia de línea de vista con el poblado San Antonio de Paguancay.

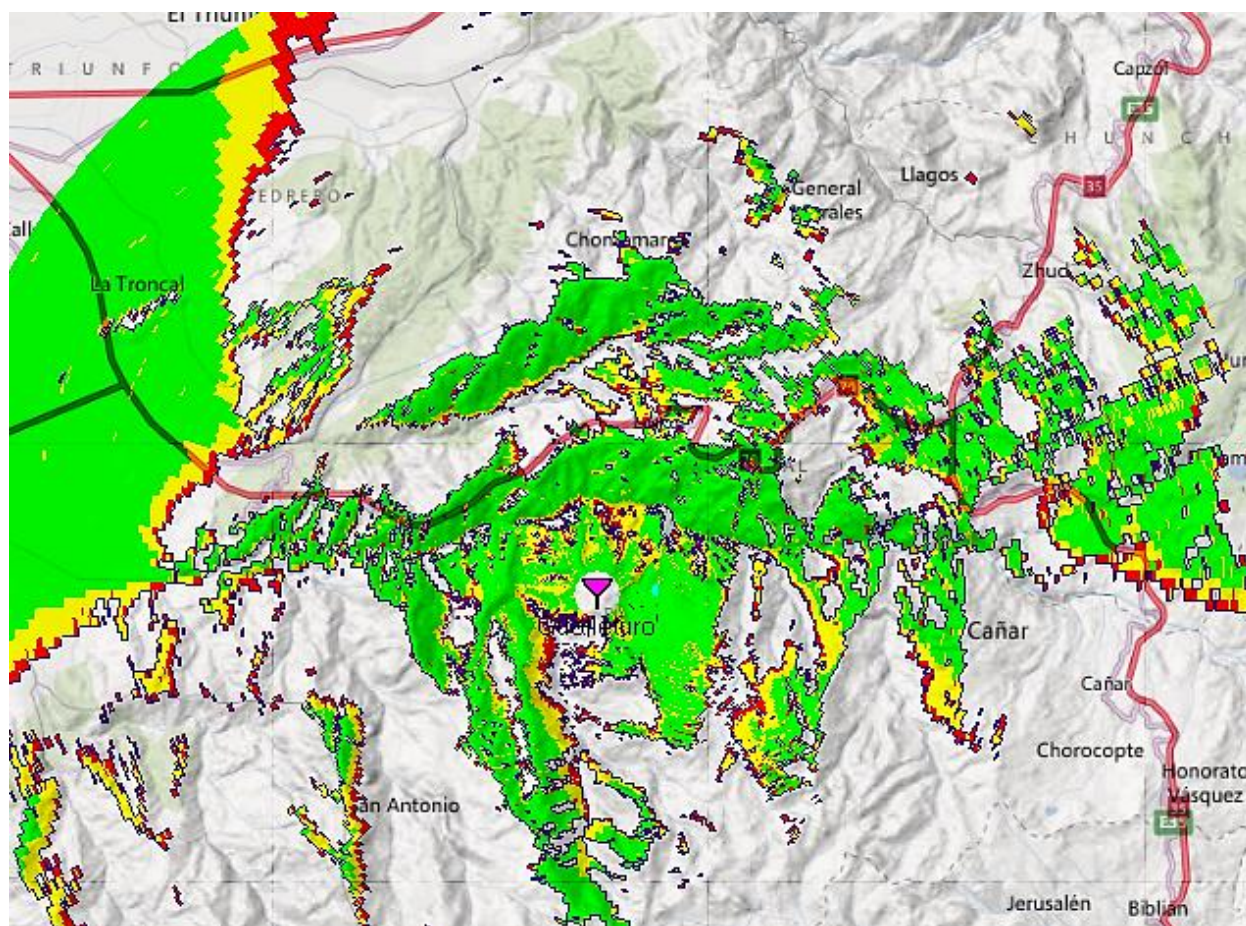


Figura 5.2-5 Nuevo diseño de Cobertura de Gualleturo.

Incluso se ve necesario solamente instalar 2 sectores en esta nueva posición, uno a 60 y otro a 240 con los que se cubriría todas las áreas pobladas de interés:

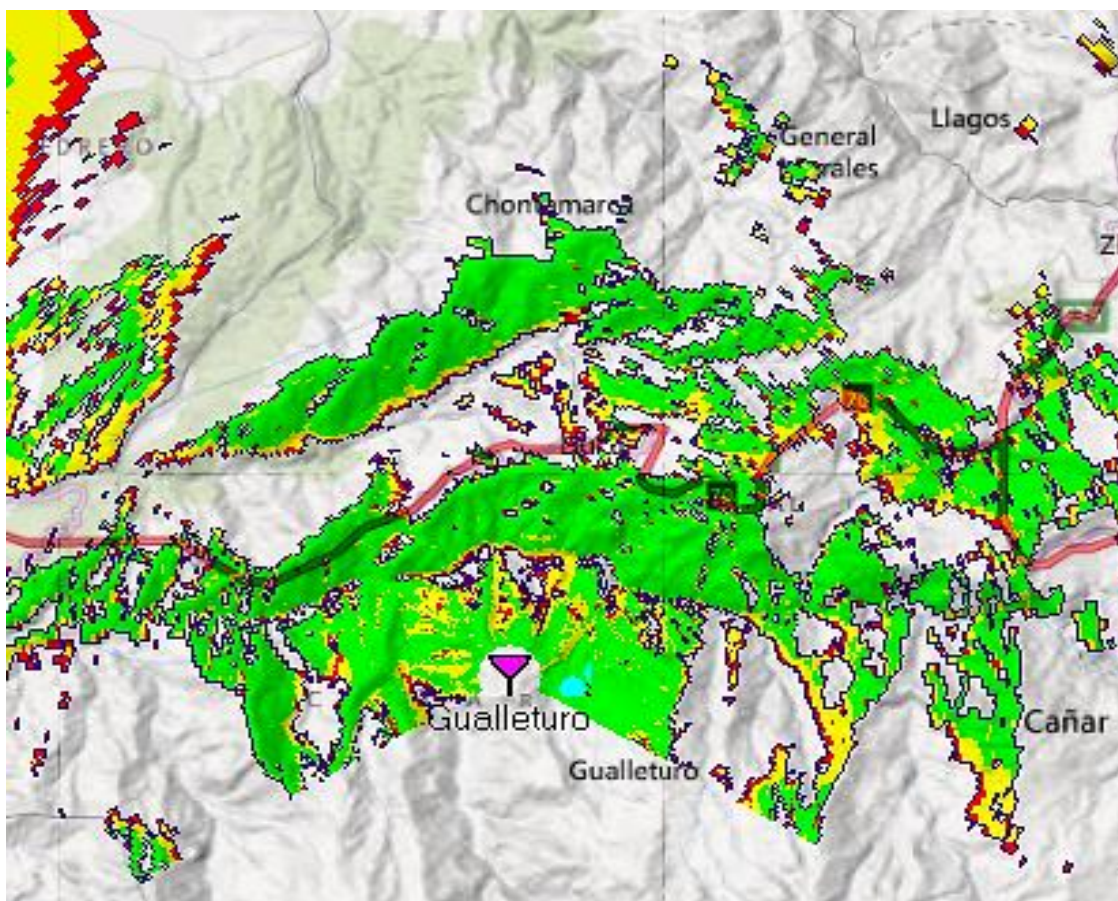


Figura 5.2-6 Propuesta de cobertura en Gualleturo

Además en la parte baja del poblado Zhud, en la intersección de las vías hacia el norte del país y hacia la costa se podría brindar el servicio siempre y cuando el cliente adquiriera la antena externa, ya que le garantizaría un mejor nivel de potencia de recepción. Las antenas externas que se comercializa por parte de CNT son del tipo Yagui con 15 dBi de ganancia.

El costo de movilización de la torre de Gualleturo, considerando que ya se cuenta con todos los equipos para instalar, involucraría la colocación de una nueva torre autosoportada de 30mts más caseta de equipos. El costo de construcción estaría estimado en un valor de:

Torre autosoportada 30mts	70000
Caseta para equipos y generador	15000
Costo de instalación de equipos	10000
Total	95000

Tabla 5.2-1 Costos de movilización Gualleturo

Este alto costo, considerando la baja densidad de usuarios de las localidades que cubre sería recuperado en un tiempo bastante largo.

En el resto de localidades de la provincia, donde la señal recibida es mayor a -80dBm el servicio funciona dentro de los parámetros normales, ya que el porcentaje de llamadas caídas no supera el 2%, y todas las llamadas fueron exitosamente cursadas. En algunos casos el tiempo de establecimiento de la llamada fue un poco elevado (13seg) pero aun así cumple con uno de los parámetros establecidos por el ente regulador, el mismo que indica que no debe superar los 20seg, por lo que el servicio se considera como aceptable.

5.3 Conclusiones

El sistema CDMA 450 es una solución efectiva y de bajo costo para expandir el acceso universal a servicios de telecomunicaciones, como la telefonía fija, a los rincones donde las redes de cobre ya no han podido llegar; y permite el desarrollo económico, social y cultural de los lugares más alejados y menos favorecidos en el desarrollo de la tecnología.

En la provincia del Cañar la implementación de este sistema fue exitosa en sus 2 primeras etapas, la tercera etapa ha entrado en funcionamiento en los últimos meses, por lo que no se puede evaluar aun el resultado ni afectación de ésta última.

La capacidad de movilidad de los dispositivos terminales de usuario y la gran área de cobertura existente han hecho que este servicio funcione correctamente en muchos lugares de la Provincia, y ha ocasionado la migración de usuarios sin la necesidad de notificar a la empresa proveedora del servicio de la nueva ubicación, por lo que actualmente se desconoce el paradero exacto de los terminales.

Este inconveniente ha generado la existencia de zonas saturadas en tráfico y por consiguiente problemas a la hora de acceder al servicio. Los usuarios perciben esto como un sistema deficiente o en malas condiciones pero se debe tomar en cuenta que al movilizar los equipos terminales son los usuarios los que han ido creando paulatinamente esta situación.

Según las pruebas realizadas en el capítulo 4 se verifica que la deficiencia del servicio en algunos lugares se debe en su mayoría a la baja potencia con la que llega la señal a diversas localidades cuya ubicación geográfica impide la buena propagación de la señal.

Otras causas que afectan al servicio en lo que respecta al equipo terminal son la degradación de las baterías y antenas, cuya vida útil se ve disminuida por el mal uso

que recibe el equipo, y que dificulta la transmisión y recepción de la información por parte del terminal.

En el caso específico de Sr Pungo el Sector Y y las localidades que cubre el servicio está degradado debido a la saturación de tráfico existente, lo que según los cálculos realizados ha elevado el GoS (Grade of Service) a un valor del 3.3%, que concuerda con la alta cantidad de reclamos provenientes de estas zonas.

Las características del servicio difieren al objetivo con el cual este fue implementado, es decir no se encuentran en similares condiciones a una red de cobre. El tiempo promedio de establecimiento de llamadas es de 9 segundos, y en redes de cobre este valor no va más allá de 1 o 2 segundos, y dependiendo de la potencia de recepción la calidad de la comunicación si bien permite la transmisión del mensaje, presenta en la mayoría de los casos ruido de fondo y ligeros cortes que genera malestar en el usuario.

La Capacidad de algunas BTS se encuentra muy por encima de lo necesario para las zonas que están sirviendo, de esta manera se tienen recursos desperdiciados los cuales deberían destinarse a zonas de mayor población y en las que el servicio está siendo deficiente, mediante un mejor apuntamiento e inclinación de los sectores con las características antes mencionadas.

En la tercera etapa de implementación, donde se agrega el nodo Gualleturo, este no estaría ubicado correctamente ya que se desperdicia un sector y los otros 2 no tienen la propagación suficiente por la geografía que rodea.

También existe una planificación e instalación de sectores y BTS de manera mal organizada por cuanto en caso de zonas limítrofes de las provincias se debería coordinar con las provincias involucradas para conocer la afectación que tiene el servicio luego del proceso de implementación, pero aparentemente nunca se ha realizado este proceso conjunto y solamente se conoce de las ampliaciones cuando empiezan a generar problemas en el servicio.

5.4 Recomendaciones

Realizar un programa de comercialización del sistema que vaya acorde a las características del servicio que se brinda actualmente, informando al cliente el modo en el que se brinda el servicio y cuáles son las zonas en las que éste está garantizado.

Realizar un levantamiento de la cantidad de usuarios existentes en cada BTS, de manera que se pueda determinar las zonas en las que se puede permitir nuevos usuarios y las zonas saturadas en las que es necesario otro tipo de medidas.

Analizar el sistema de software que comanda el servicio, verificar su funcionamiento y si se puede realizar mejoras e implementaciones de canales para las zonas saturadas.

Realizar una campaña de migración desde el sistema CDMA 450 hacia las redes de cobre que se han instalado en épocas recientes, de tal manera que se pueda aminorar el tráfico de las BTS y destinar el servicio a usuarios alejados de la red de cobre.

En las zonas con potencias menores a -85dBm se recomienda incluir una antena externa en el terminal del cliente para garantizar el servicio.

Sugerir un mejor apuntamiento del nodo Loma Caparina para brindar un mejor servicio a través de este medio en Ventura y zonas aledañas.

Sugerir que se revise y disminuya la potencia de radiación del nodo La Esperanza, específicamente el sector que afecta a la parte oriental de la provincia del Cañar.

Solicitar un aumento de potencia en el nodo Santa Rita de ser posible, en caso contrario emprender una campaña de entrega masiva de antenas externas en los sectores de la Provincia servidos por este nodo.

Solicitar al fabricante un criterio para aumentar la capacidad del nodo Sr. Pungo en base a mejoras e implementaciones en el software que comanda la BTS.

Bibliografía

1. <http://www.itu.int>. <http://www.itu.int>. [Online] 12 31, 2012.
<http://www.itu.int/osg/spu/ni/3G/technology/index.html>.
2. **Ganz, Aura, Ganz, Zvi and Wongthavarawat, Kitti**. *Multimedia Wireless Networks: Technologies, Standards, and QoS*. s.l. : Prentice Hall, 2003.
3. **Yang, Samuel C**. *CDMA RF System Engineering*. Boston - London : Artech House, 1998.
4. **Korhonen, Juha**. *Introduction to 3G mobile communications*. Boston-London : Artech House Mobile Communications Series , 2003.
5. **M.R. Karim, Mohsen Sarraf**. *WCDMA and CDMA 2000 for 3G Mobile Communications*. s.l. : McGraw Hill , 2002.
6. *Resolucion 437-15-CONATEL-2009*. **CONATEL**. 2009. 437-15.
7. **Huawei**. Scribd. *Scribd BTS3606-Series-Technical-Manual*. [Online] [Cited: 07 01, 2013.]
<http://www.scribd.com/doc/90011175/BTS3606-Series-Technical-Manual>.
8. *Calidad de Servicio en las Comunicaciones G.1000*. **ITU-T**.
9. *REQUISITOS BÁSICOS DE SISTEMAS Y OBJETIVOS DE CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO*. **ITU**. s.l. : 1992-1997. Rec. UIT-R F.757-1.
10. *REQUISITOS Y OBJETIVOS DE CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO Y DE DISPONIBILIDAD PARA SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO A LA RED TELEFÓNICA PÚBLICA CON CONMUTACIÓN*. **ITU**. 1999. ITU-R F. 1400.
11. *ITU-T-REC-800 Definiciones de términos relativos a la Calidad de Servicio*. **ITU-T**. 2008.
12. *Resolución 606-23-CONATEL-2008*. **CONATEL**. Quito : s.n., 2008.
13. **TECHNOLOGIES, HUAWEI**. Huawei Device. *Huawei Device*. [Online] [Cited: Julio 01, 2013.]
<http://www.huaweidevice.com/worldwide/productFeatures.do?pinfold=2686&directoryId=5015&treeId=3748&tab=0>.
14. —. Huawei Device. *Huawei Device*. [Online] [Cited: Julio 01, 2013.]
<http://www.huaweidevice.com/worldwide/productFamily.do?method=index&directoryId=5015&treeId=3748>.
15. **Chandler, Colin**. CDMA 2000 and CDMA 450. *International 450 Association*. [Online] Diciembre 03, 2003. [Cited: marzo 5, 2013.] <http://www.docstoc.com/docs/66835835/Cdma-Business-Presentation---PDF>.

16. **Pales, Bruce.** Evolution Strategies Towards IMT-2000. [Online] 2003. http://www.itu.int/ITU-D/tech/events/2003/slovenia2003/Presentations/Day%203/3.1.2_Pales.pdf.
17. **CDG.** CDMA 2000. [Online] 2013. [Cited: Marzo 05, 2013.] <http://www.cdg.org/technology/cdma2000.asp>.
18. **Qualcomm.** CDMA 450 Mhz una solución para zonas rurales. *Tele-semana*. 2003, Vol. 1, 17.
19. **Tech, Conning.** Mobile Network Evolution: CDMAone to CDMA2000. [Online] Julio 13, 2010. <http://conningtech.blogspot.com/2010/07/mobile-network-evolution-cdmaone-to.html>.
20. **CDG.** EVDO Services. [Online] Septiembre 17, 2008. http://www.cdg.org/news/search/2008/09/industry/9172008_ind_a.html.
21. **Alwis, Cristie.** Sharing Insights into CDMA Network Management & Optimization. [Online] <http://www.christiealwis.com/Papers/SingaporeLecture.pdf>.
22. Estudio de Calidad de Teléfonos Celulares. *Revista del Consumidor No. 284*. [Online] Octubre 2000. http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_00/telcelu.pdf.
23. **Ramos, Francisco.** Cálculo por la Atenuación de Lluvia en un Radioenlace. *Radioenlaces.es*. [Online] <http://www.radioenlaces.es/articulos/calculo-de-la-atenuacion-por-lluvia-en-un-radioenlace/>.
24. **OBJETIVOS DE CALIDAD DE TRANSMISIÓN PARA LOS SISTEMAS DIGITALES TERRENALES SIN HILOS QUE USAN TERMINALES PORTÁTILES PARA ACCEDER A LA RED TELEFÓNICA PÚBLICA CONMUTADA. ITU.** Resumen G.174.
25. *Datos de Propagación y métodos de predicción necesarios para el Diseño de sistemas Terrenales con visibilidad Directa. ITU.* 2003. RECOMENDACIÓN UIT-R P.530-8.
26. *Características de la precipitación para establecer modelos de Propagación. ITU.* 2003. RECOMENDACIÓN UIT-R P.837-4.
27. *Modelo de la Atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción. ITU.* 2003. RECOMENDACIÓN UIT-R P.838-2.
28. **Ipatov, Valery P.** *Spread Spectrum and CDMA*. 2005.
29. **Stuber, Gordon L.** *Principles of Mobile Communications*. Atlanta, Georgia USA : Kluwer, 2002.
30. **Stremmler.** *Introducción a los Sistemas de Comunicación*. 2006.
31. **Webb, William.** *Understanding Cellular Radio*. s.l. : Artech House, 1998.
32. **Rappaport, Theodore.** *Wireless Communications*. 2002.



33. **Supertel.** www.supertel.gob.ec. *CDMA 450*. [Online] 2011.
http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=214:cdma-450&catid=61:articulos-recomendados&Itemid=311.

GLOSARIO

AAA:	Authentication, Authorization, Accounting.
AC o AuC:	Authentication Center – Centro de Autenticación.
AWGN:	Additive White Gaussian Noise.
BER:	Bit Error Rate - Tasa de errores en los bits.
BSC:	Base Station Controller.
BTS:	Base Transceiver Station - Estación Base Transmisor/Receptor.
CDMA:	Code Division Multiple Acces - Acceso Múltiple por División de Código.
CE:	Channel Elements – Elementos de Canal.
CNT E.P.	Corporación Nacional de Telecomunicaciones.
CONATEL:	Consejo Nacional de Telecomunicaciones.
DS-SS:	Direct Sequence Spread Spectrum - Espectro ensanchado por Secuencia Directa
EVDO:	Evolution Data Only - Evolution Data Optimized.
FDMA:	Frequency Division Multiple Acces - Acceso Múltiple por División de Frecuencia.
FER:	Frame Error Rate - Tasa de errores en las tramas.
FH:	Frequency Hopping – Saltos de Frecuencia.
FH-SS:	Frequency Hopping Spread Spectrum - Espectro Ensanchado por Saltos de Frecuencia.
FWA:	Fixed Wireless Access – Acceso Inalámbrico Fijo.
HA:	Home Agent.
HLR:	Home Local Register.
IMSI:	International Mobile Subscriber Identity.

IP:	Intelligent Peripheral.
ITU – UIT:	International Telecommunications Union – Unión Internacional de Telecomunicaciones.
IWF:	Interworking function.
MAHO:	Mobile Assisted Hand Off
MS:	Mobile Station.
MSC:	Mobile Switching Center.
MTBF:	Mean Time Between Failures – Tiempo medio entre fallas.
MTTR:	Mean Time To Repair – Tiempo medio en reparaciones.
PDGN:	Packet Data Gateway Node.
PDSN:	Packet Data Serving Node.
PN:	Pseudo Noise.
PSTN:	Public Switching Telephone Network – Red Telefónica Pública Conmutada.
QoS:	Quality of Service - Calidad de Servicio.
S.S.:	Spread Spectrum - Espectro Ensanchado.
SENATEL:	Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.
SNR:	Signal to Noise Relation – Relación Señal a Ruido.
SUPERTEL:	Superintendencia de Telecomunicaciones.
TDMA:	Time Division Multiple Access - Acceso Múltiple por División de Tiempo.
VLR:	Visitor Local Register.
WLL:	Wireless Local Loop – Bucle Local Inalámbrico de Abonado.
GoS:	Grade of Service – Grado de Servicio.



ANEXOS

ANEXO 1

Características técnicas antena Agisson:

Electrical Properties	
Frequency range (MHz)	450-470
Polarization	$\pm 45^\circ$
VSWR	≤ 1.5
Gain (dBi)	15
3dB beamwidth (horizontal)	65°
3dB beamwidth (vertical)	16°
Isolation between ports (dB)	≥ 30
Front to back ratio (dB)	≥ 25
Cross polar ratio (dB)	≥ 15
Electrical downtilt	0°
Intermodulation IM5 (dBc)	≤ -160 (2 x 43 dBm carrier)
Max. CW input power (W)	500
Impedance (Ω)	50
Grounding	DC ground

Mechanical Properties	
Dimensions (HxWxD) (mm)	2042x486x98
Packing dimensions (HxWxD) (mm)	2271x596x261
Net weight (kg)	28.3
Bracket weight (kg)	6.5
Packing weight (kg)	42.2
Mechanical downtilt	$0^\circ - 16^\circ$
Mast diameter (mm)	50 - 115
Radome material	Fiberglass
Operating temperature ($^\circ\text{C}$)	-55 - +65
Windload frontal (N)	740 (v=150km/h)
Windload lateral (N)	220 (v=150km/h)
Windload rearside (N)	1100 (v=150km/h)
Max. wind velocity (km/h)	200
Connector	2x7/16 DIN Female

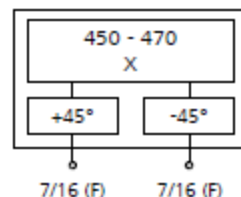


Figura A- 1 Características Antena Agisson

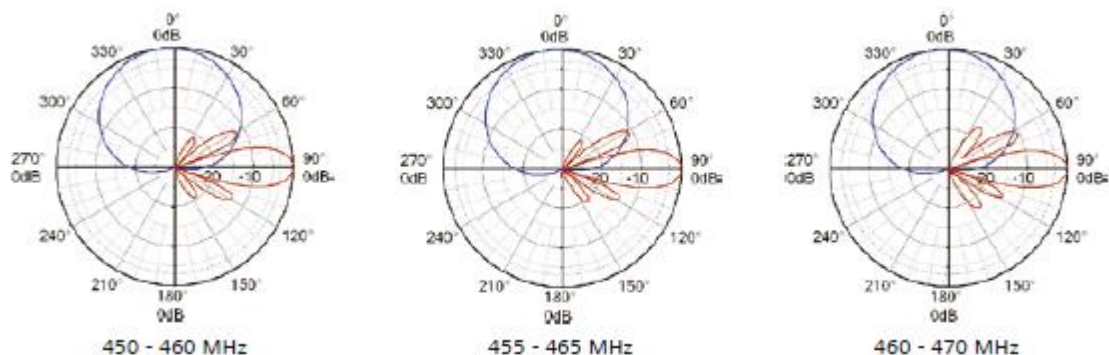


Figura A- 2 Patrón de Radiación Antena Agisson

Características técnicas antena Amphenol:

BXA-45065-4CF-EDIN-X

X-Pol | FET Panel | 65° | 13 dBd

Replace "X" with desired electrical downtilt.

Antenna is also available with NE connector(s). Replace "EDIN" with "NE" in the model number when ordering.

Electrical Characteristics	
Frequency bands	450-470 MHz
Polarization	±45°
Horizontal beamwidth	65°
Vertical beamwidth	14°
Gain	13.0 dBd (15.1 dBi)
Electrical downtilt (X)	0, 15
Impedance	50Ω
VSWR	≤1.4:1
Null fill	5% (-26.02 dB)
Isolation between ports	< -30 dB
Input power with EDIN connectors	500 W
Input power with NE connectors	300 W
Lightning protection	Direct Ground
Connector(s)	2 Ports / EDIN or NE / Female / Center (Back)
Mechanical Characteristics	
Dimensions Length x Width x Depth	2406 x 426 x 152 mm 94.7 x 16.8 x 5.9 in
Depth with z-brackets	192 mm 7.6 in
Weight without mounting brackets	14.6 kg 32 lbs
Survival wind speed	> 294 km/hr > 183 mph
Wind area	Front: 1.02 m ² Side: 0.36 m ² Front: 11.0 ft ² Side: 3.9 ft ²
Wind load @ 161 km/hr (100 mph)	Front: 1491 N Side: 631 N Front: 335 lbf Side: 142 lbf



Figura A- 3 Características Antena Amphenol.

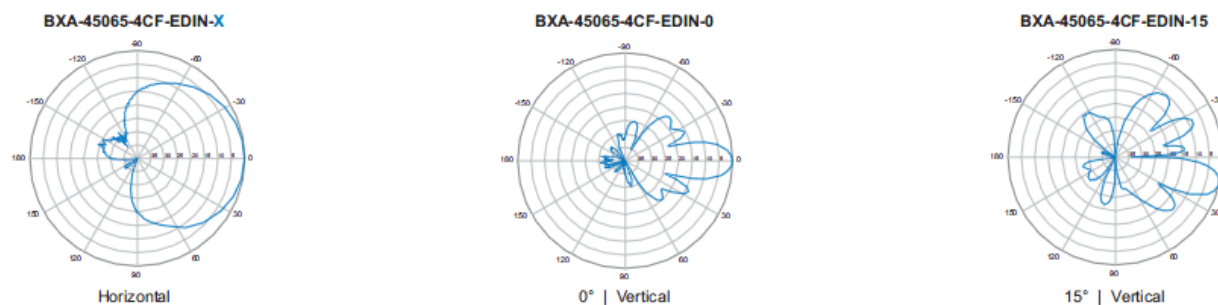


Figura A- 4 Patrón de Radiación Antena Amphenol

ANEXO 2

Puntos por BTS, Potencia y ubicación.

A continuación se detalla tanto las coordenadas, ubicación, potencia y el Sector al que se encuentran conectados los puntos visitados y analizados en el capítulo 4. Las localidades referidas como “Campo Abierto” se refiere a lugares en los que no se encontró el nombre de la localidad o en su defecto no consistían en lugares poblados.

SR. PUNGO					
Coordenadas		Localidad	Potencia	ID Sector	Identificador
Latitud	Longitud				
2°43'40.16"S	78°48'53.62"W	Leonan	(-77)	P256	P1
2°43'25.75"S	78°48'26.65"W	Campo Abierto	(-82)(-75) (-75)	P028-P240- P256	P2
2°42'3.91"S	78°47'23.02"W	Campo Abierto	(-95)(-95) (-94)(-94)	P252-P072- P256-P084	P3
2°43'37.22"S	78°53'4.05"W	Vía Biblian	(-85)	P088	P4
2°42'52.60"S	78°53'34.75"W	Biblian	(-73)(-78)	P252- P088	P5
2°42'15.24"S	78°54'17.03"W	Vía Nazon	(-85)(-83)	P252- P088	P6
2°42'11.35"S	78°54'59.57"W	Vía Nazon	(-83)(-83) (-83)	P252-P088- P252	P7
2°40'31.48"S	78°53'41.23"W	Campo Abierto	(-90)(-90) (-90)	P240-P088- P252	P8
2°40'15.07"S	78°54'31.88"W	Campo Abierto	(-82)(-83)	P252-P088	P9
2°39'24.36"S	78°54'59.57"W	Campo Abierto	(-82)(-81) (-84)	P240-P088- P252	P10
2°48'13.09"S	78°56'42.79"W	La Dolorosa	(-73)	P088	P11
2°48'34.81"S	78°56'14.93"W	Campo Abierto	(-70)	P088	P12
2°45'18.35"S	78°57'27.93"W	Campo Abierto	(-78)	P088	P13
2°45'24.48"S	78°57'36.74"W	Surampalti chico	(-77)	P088	P14
2°45'8.21"S	78°56'39.26"W	Bayandel	(-67)(-63)	P408-P256	P15
2°45'30.76"S	78°56'18.08"W	Campo Abierto	(-70)(-70)	P408-P088	P16
2°43'45.74"S	78°54'44.45"W	Nodo Turupamba	(-85)(-86)	P252-P256	P17
2°43'38.29"S	78°54'48.86"W	Turupamba, Centro	(-90)(-90)	P252-P256	P18
2°45'25.87"S	78°53'9.34"W	Campo Abierto	(-60)	P256	P19
2°45'31.09"S	78°53'4.86"W	Campo Abierto	(-75)	P256	P20
2°44'59.00"S	78°53'10.78"W	Campo Abierto	(-78)	P256	P21
2°44'47.29"S	78°53'11.69"W	Campo Abierto	(-75)	P088	P22
2°44'33.52"S	78°53'12.92"W	Campo Abierto	(-68)	P256	P23
2°44'23.94"S	78°53'4.96"W	Shunzi	(-68)	P256	P24



2°44'11.39"S	78°52'38.20"W	Campo Abierto	(-67)(-67)	P252-P256	P25
2°43'53.42"S	78°51'56.80"W	Llimpi	(-80)(-82)	P252-P256	P26
2°43'57.52"S	78°51'28.86"W	Campo Abierto	(-81)	P256	P27
2°41'39.28"S	78°50'21.31"W	Vía a Nudpud	(-78)(-86)	P256	P28
2°41'23.17"S	78°50'18.18"W	San Antonio	(-87)(-92)	P256	P29
2°41'13.10"S	78°50'12.44"W	Campo Abierto	(-97)	P256	P30
2°41'0.16"S	78°49'51.94"W	Campo Abierto	(-98)	P256	P31
2°40'37.34"S	78°49'37.14"W	Gallo Catana	(-91)	P256	P32
2°39'17.27"S	78°49'12.59"W	Campo Abierto	(-95)	P256	P33
2°39'49.62"S	78°49'7.44"W	Campo Abierto	(-76)	P256	P34
2°39'47.15"S	78°49'7.00"W	Nudpud	(-91)	P256	P35
2°43'6.64"S	78°50'1.83"W	Campo Abierto	(-84)	P256	P36
2°42'28.31"S	78°50'3.89"W	Campo Abierto	(-89)	P256	P37
2°42'44.07"S	78°50'5.41"W	Campo Abierto	(-75)	P256	P38
2°43'32.45"S	78°48'53.00"W	Leonan	(-68)(-89)	P256	P39
2°41'14.00"S	78°46'59.60"W	Campo Abierto	(-80)	P256	P40
2°39'15.34"S	78°46'37.15"W	Campo Abierto	(-80)	P256	P41
2°39'46.92"S	78°46'54.48"W	Campo Abierto	(-77)	P256	P42
2°39'54.21"S	78°47'23.75"W	Campo Abierto	(-90)	P256	P43
2°40'19.87"S	78°47'56.13"W	Campo Abierto	(-85)	P256	P44
2°40'40.23"S	78°48'39.40"W	Campo Abierto	(-93)	P256	P45
2°40'54.01"S	78°49'20.06"W	Sto. Tomás de Nudpud	(-96)	P256	P46
2°41'13.77"S	78°49'59.96"W	Campo Abierto	(-80)	P256	P47
2°41'14.34"S	78°50'0.55"W	Campo Abierto	(-80)	P256	P48
2°41'19.84"S	78°50'15.75"W	Campo Abierto	(-87)	P256	P49
2°45'58.78"S	78°50'48.31"W	Charasol	(-74)	P256	P50
2°46'40.55"S	78°51'5.60"W	Campo Abierto	(-82)	P256	P51
2°46'50.05"S	78°51'1.88"W	Campo Abierto	(-76)(-76)	P088-P256	P52
2°47'7.14"S	78°50'38.00"W	Campo Abierto	(-87)	P256	P53
2°47'11.37"S	78°50'36.08"W	Campo Abierto	(-74)	P240-P256	P54
2°47'16.86"S	78°51'33.07"W	Campo Abierto	(-84)	P088	P55
2°47'32.71"S	78°51'44.75"W	Campo Abierto	(-72)	P088	P56
2°47'45.96"S	78°51'59.29"W	Javier Loyola	(-78)	P240-P088	P57
2°48'2.34"S	78°52'11.01"W	Campo Abierto	(-79)	P240-P088	P58
2°49'2.32"S	78°52'38.47"W	Campo Abierto	(-62)	P088	P59
2°49'31.07"S	78°52'32.29"W	Campo Abierto	(-82)	P240-P088	P60
2°42'38.85"S	78°52'9.73"W	Campo Abierto	(-80)	P256	P61
2°42'23.28"S	78°52'12.09"W	Campo Abierto	(-77)	P256	P62

2°42'12.77"S	78°52'19.15"W	Campo Abierto	(-84)	P256	P63
2°42'4.51"S	78°52'22.15"W	Campo Abierto	(-77)	P256	P64
2°41'51.68"S	78°52'24.83"W	Campo Abierto	(-70)-(-80)	P256	P65
2°42'9.38"S	78°52'20.99"W	Campo Abierto	(-70)	P256	P66
2°42'17.77"S	78°52'21.20"W	Campo Abierto	(-79)	P256	P67
2°42'12.50"S	78°52'20.54"W	Agüilan	(-75)	P256	P68
2°42'24.85"S	78°52'12.08"W	Campo Abierto	(-80)	P256	P69
2°42'29.83"S	78°51'57.48"W	Campo Abierto	(-90)	P256	P70
2°42'32.96"S	78°51'55.52"W	Campo Abierto	(-85)	P256	P71
2°42'39.73"S	78°51'49.78"W	Campo Abierto	(-87)	P256	P72
2°42'37.84"S	78°51'45.62"W	Zhindilig	(-80)	P256	P73
2°42'20.17"S	78°51'46.90"W	Campo Abierto	(-78)	P256	P74
2°42'14.50"S	78°51'37.46"W	Campo Abierto	(-70)	P256	P75
2°42'26.54"S	78°51'28.76"W	Campo Abierto	(-74)	P256	P76
2°42'33.57"S	78°51'12.19"W	Campo Abierto	(-70)	P256	P77
2°42'31.44"S	78°51'5.56"W	Campo Abierto	(-73)	P256	P78
2°42'13.70"S	78°51'0.44"W	Campo Abierto	(-64)	P256	P79
2°42'13.93"S	78°50'47.43"W	Campo Abierto	(-79)	P256	P80
2°42'15.41"S	78°50'42.42"W	Campo Abierto	(-78)	P256	P81
2°42'20.06"S	78°50'40.06"W	Campo Abierto	(-74)	P256	P82
2°42'33.05"S	78°50'43.84"W	Campo Abierto	(-69)	P256	P83
2°42'32.57"S	78°50'49.58"W	Campo Abierto	(-67)	P256	P84
2°42'43.73"S	78°50'55.21"W	Campo Abierto	(-72)	P256	P85
2°43'5.42"S	78°50'51.54"W	Campo Abierto	(-80)	P256	P86
2°44'14.72"S	78°50'15.99"W	Campo Abierto	(-65)-(-70)	P256	P87
2°44'19.91"S	78°51'18.11"W	Campo Abierto	(-75)	P256	P88
2°44'40.78"S	78°51'25.50"W	Campo Abierto	(-79)	P256	P89
2°44'49.86"S	78°51'53.13"W	Campo Abierto	(-86)	P256	P90

Tabla A- 1 Puntos Sr. Pungo

BUERAN					
Coordenadas		Localidad	Potencia	ID Sector	Identificador
Latitud	Longitud				
2°42'48.79"S	78°48'3.56"W	Atrás de Abuga	(-85)(-85)	P084-P028	B1
2°42'3.91"S	78°47'23.02"W	Campo Abierto	(-95)(-95) (-94)(-94)	P252-P072- P256-P084	B2
2°41'37.20"S	78°47'7.57"W	Campo Abierto	(-84)(-84)(-84)	P380-P084- P028	B3
2°42'52.60"S	78°53'34.75"W	Biblian	(-73)(-78)	P252-P088	B4
2°42'15.24"S	78°54'17.03"W	Via Nazon	(-85)(-83)	P252-P088	B5
2°42'11.35"S	78°54'59.57"W	Via Nazon	(-83)(-83)(-83)	P252-P088- P252	B6
2°42'10.93"S	78°54'59.60"W	Playas de Fátima	(-82)	P252	B7
2°42'14.66"S	78°55'51.14"W	Playas de Fatima Centro	(-84)	P252	B8
2°41'59.26"S	78°55'12.68"W	Campo Abierto	(-79)	P252	B9
2°40'31.48"S	78°53'41.23"W	Campo Abierto	(-90)(-90)(-90)	P240-P088- P252	B10
2°40'15.07"S	78°54'31.88"W	Campo Abierto	(-82)(-83)	P252-P088	B11
2°39'24.36"S	78°54'59.57"W	Campo Abierto	(-82)(-81)(-84)	P240-P088- P252	B12
2°37'8.37"S	78°54'58.74"W	Campo Abierto	(-78)(-75)	P252-P084	B13
2°31'39.88"S	78°55'34.37"W	Campo Abierto	(-87)	P420	B14
2°30'16.01"S	78°55'30.89"W	Campo Abierto	(-79)	P420	B15
2°29'10.61"S	78°57'5.06"W	Campo Abierto	(-80)(-90)	P420	B16
2°28'48.88"S	78°58'6.68"W	Bunchalay	(-80)	P420	B17
2°28'48.55"S	78°58'49.96"W	Charcay	(-76)	P420	B18
2°27'20.35"S	79° 1'30.50"W	Campo Abierto	(-85)	P420	B19
2°33'18.34"S	78°53'42.79"W	Campo Abierto	(-90)	P420	B20
2°33'45.15"S	78°53'23.98"W	Campo Abierto	(-90)	P084	B21
2°33'4.01"S	78°52'30.30"W	Campo Abierto	(-85)	P084	B22
2°32'48.22"S	78°52'38.51"W	Ingapirca	(-82)	P084	B23
2°32'38.79"S	78°52'32.74"W	Ingapirca	(-92)	P420	B24
2°32'36.47"S	78°52'39.05"W	Campo Abierto	(-87)	P420	B25
2°32'13.39"S	78°53'23.38"W	Sisid	(-86)	P420	B26
2°32'10.38"S	78°53'40.06"W	Campo Abierto	(-76)(-93)	P420	B27
2°31'50.37"S	78°53'57.71"W	Anejo Sisid	(-93)	P420	B28
2°31'38.37"S	78°54'10.61"W	Caguanapamba	(-94)(-97)	P248-P420	B29
2°43'45.74"S	78°54'44.45"W	Nodo Turupamba	(-85)(-86)	P252-P256	B30
2°43'38.29"S	78°54'48.86"W	Turupamba Centro	(-90)(-90)	P252-P256	B31
2°44'50.77"S	78°54'19.06"W	Campo Abierto	(-75)	P252	B32

2°45'16.08"S	78°53'49.37"W	Sector La villa	(-81)	P252	B33
2°45'23.37"S	78°53'35.26"W	Campo Abierto	(-73)	P252	B34
2°44'52.19"S	78°53'10.10"W	Campo Abierto	(-73)	P252	B35
2°44'11.39"S	78°52'38.20"W	Campo Abierto	(-67)(-67)	P252-P256	B36
2°43'55.10"S	78°52'28.72"W	Campo Abierto	(-73)	P252	B37
2°43'53.42"S	78°51'56.80"W	Llimpi	(-80)(-82)	P252-P256	B38
2°42'5.36"S	78°47'26.56"W	Campo Abierto	(-96)	P252	B39
2°42'2.85"S	78°47'22.19"W	Campo Abierto	(-95)	P084	B40
2°36'0.21"S	78°44'2.24"W	Campo Abierto	(-104)	P084	B41
2°35'47.36"S	78°44'35.91"W	Campo Abierto	(-104)	P084	B42
2°36'26.90"S	78°46'49.96"W	Campo Abierto	(-76)	P084	B43
2°36'24.47"S	78°47'0.68"W	Campo Abierto	(-85)	P084	B44
2°37'29.90"S	78°46'48.96"W	Campo Abierto	(-70)	P084	B45
2°37'56.26"S	78°46'54.89"W	Campo Abierto	(-70)	P084	B46
2°39'3.53"S	78°46'22.38"W	Campo Abierto	(-78)(-80)(79)	P084-P256-P028	B47
2°25'38.87"S	79° 0'58.78"W	Campo Abierto	(-88)	P420	B48
2°25'20.60"S	79° 0'53.20"W	Campo Abierto	(-98)	P420	B49
2°46'44.43"S	78°50'56.23"W	Campo Abierto	(-73)	P252	B50
2°46'56.30"S	78°50'39.55"W	Campo Abierto	(-70)	P252	B51

Tabla A- 2: Puntos Buerán

CARSHAO					
Coordenadas		Localidad	Potencia	ID Sector	Identificador
Latitud	Longitud				
2°34'58.79"S	78°55'15.12"W	Campo Abierto	(-76)	P248	C1
2°33'54.35"S	78°56'21.74"W	Cañar	(-80)	P248	C2
2°29'59.08"S	78°56'54.46"W	Campo Abierto	(-78)	P248	C3
2°29'40.87"S	78°57'7.75"W	Campo Abierto	(-70)	P416	C4
2°27'17.95"S	79° 1'2.69"W	Campo Abierto	(-82)	P416	C5
2°26'9.05"S	79° 3'9.35"W	Suscal Centro	(-88)(-88)	P068-P416	C6
2°33'25.51"S	78°55'15.34"W	Honorato Vásquez	(-85)	P248	C7
2°33'19.70"S	78°54'38.53"W	La Tranca	(-89)	P248	C8
2°33'5.67"S	78°53'57.11"W	Campo Abierto	(-82)	P248	C9
2°33'57.52"S	78°52'36.85"W	Chunguin Chico	(-92)	P248	C10
2°33'27.79"S	78°52'41.50"W	Chunguin Grande	(-79)	P248	C11
2°31'38.37"S	78°54'10.61"W	Caguanapamba	(-94)(-97)	P248-P420	C12
2°30'51.60"S	78°55'22.63"W	Campo Abierto	(-70)	P248	C13
2°26'9.59"S	78°59'37.81"W	Campo Abierto	(-89)	P416	C14
2°26'5.22"S	79° 0'19.50"W	Poblado	(-92)	P416	C15
2°25'54.98"S	79° 0'22.51"W	Cashapamba	(-89)	P416	C16
2°25'54.53"S	79° 0'26.46"W	Entrada Zhungumarca	(-80)	P416	C17
2°30'34.57"S	79° 6'20.58"W	Campo Abierto	(-89)	P416	C18
2°30'32.98"S	79° 6'37.49"W	Campo Abierto	(-65)(-67)	P416-P232	C19
2°37'50.68"S	78°46'54.37"W	Campo Abierto	(-77)	P248	C20
2°25'50.36"S	79° 0'29.84"W	Campo Abierto	(-87)	P416	C21
2°25'39.37"S	79° 0'52.18"W	Campo Abierto	(-87)	P416	C22
2°25'26.74"S	79° 0'52.95"W	Campo Abierto	(-83)	P416	C23

Tabla A- 3 Puntos Carshao.

SAN NICOLÁS					
Coordenadas		Localidad	Potencia	ID Sector	Identificador
Latitud	Longitud				
2°43'25.75"S	78°48'26.65"W	Campo Abierto	(-82) (-75)(-75)	P028-P240- P256	N1
2°42'3.91"S	78°47'23.02"W	Campo Abierto	(-95)(-95) (-94)(-94)	P252-P072- P256-P084	N2
2°47'48.13"S	78°56'59.55"W	Campo Abierto	(-92)	P408	N3
2°47'38.39"S	78°56'48.35"W	La Raya	(-75)	P408	N4
2°47'19.51"S	78°56'26.86"W	Entrada Hornapala	(-75)	P408	N5
2°47'26.96"S	78°56'37.16"W	Zinin	(-80)	P408	N6
2°48'27.01"S	78°56'42.19"W	Campo Abierto	(-62)	P408	N7
2°48'36.46"S	78°56'6.64"W	Solano Centro	(-76)	P408	N8
2°47'1.09"S	78°56'26.54"W	Hornapala Centro	(-72)	P408	N9
2°46'56.38"S	78°56'41.09"W	Campo Abierto	(-60)	P408	N10
2°46'45.04"S	78°55'44.71"W	Campo Abierto	(-60)	P408	N11
2°46'3.31"S	78°55'57.82"W	Campo Abierto	(-70)	P408	N12
2°45'49.87"S	78°56'18.31"W	Campo Abierto	(-71)	P408	N13
2°45'37.95"S	78°56'37.51"W	Campo Abierto	(-71)	P408	N14
2°45'19.79"S	78°57'19.07"W	Campo Abierto	(-72)	P408	N15
2°45'1.41"S	78°57'0.16"W	Mis. Geodésica	(-80)	P408	N16
2°45'8.21"S	78°56'39.26"W	Bayandel	(-67)(-63)	P408-P256	N17
2°45'30.76"S	78°56'18.08"W	Campo Abierto	(-70)(-70)	P408-P088	N18
2°45'39.85"S	78°56'0.02"W	Dutasay	(-65)	P408	N19
2°45'55.49"S	78°55'44.77"W	Campo Abierto	(-82)	P408	N20
2°46'19.96"S	78°55'8.44"W	Déleg Centro	(-65)	P408	N21
2°44'40.71"S	78°55'0.37"W	Gualaquin	(-70)	P072	N22
2°44'49.71"S	78°54'38.18"W	Campo Abierto	(-81)	P072	N23
2°45'44.01"S	78°54'14.71"W	Campo Abierto	(-63)	P072	N24
2°46'26.78"S	78°54'18.10"W	San Nicolás Centro	(-40)	P072	N25
2°41'51.86"S	78°47'14.00"W	Campo Abierto	(-90)	P072	N26
2°47'11.37"S	78°50'36.08"W	Campo Abierto	(-74)(-74)	P240-P256	N27
2°47'49.30"S	78°50'44.60"W	Campo Abierto	(-74)	P240	N28
2°47'58.61"S	78°50'41.81"W	Campo Abierto	(-66)	P240	N29
2°48'26.44"S	78°50'27.39"W	Campo Abierto	(-64)	P240	N30
2°47'45.96"S	78°51'59.29"W	Javier Loyola	(-78)(-78)	P240-P088	N31
2°48'2.34"S	78°52'11.01"W	Campo Abierto	(-79)(-79)	P240-P088	N32
2°49'31.07"S	78°52'32.29"W	Campo Abierto	(-82)(-82)	P240-P088	N33
2°49'54.77"S	78°52'33.78"W	Campo Abierto	(-77)	P240	N34

Tabla A- 4 Puntos San Nicolás

MESALOMA					
Coordenadas		Localidad	Potencia	BTS	Identificador
Latitud	Longitud				
2°29'17.09"S	79° 0'9.35"W	Campo Abierto	(-75)	P068	M1
2°28'9.29"S	79° 0'43.09"W	Campo Abierto	(-85)	P068	M2
2°27'52.17"S	79° 0'33.76"W	Gasolinera MILU	(-85)	P068	M3
2°26'44.23"S	79° 2'6.10"W	Campo Abierto	(-90)	P068	M4
2°26'35.05"S	79° 2'27.47"W	Poblado	(-88)	P068	M5
2°26'9.05"S	79° 3'9.35"W	Suscal Centro	(-88)(-88)	P068-P416	M6
2°26'45.82"S	79° 3'36.07"W	La Dolorosa	(-73)	P068	M7
2°27'32.15"S	79° 4'47.33"W	Campo Abierto	(-72)	P236	M8
2°27'22.70"S	79° 6'46.19"W	Campo Abierto	(-70)	P236	M9
2°26'45.68"S	79° 6'41.83"W	Ducur	(-80)	P236	M10
2°26'53.96"S	79° 6'52.79"W	Chilchil	(-75)	P236	M11
2°27'30.82"S	79° 9'54.77"W	Campo Abierto	(-90)	P236	M12
2°28'45.40"S	79°11'46.90"W	Campo Abierto	(-90)	P236	M13
2°29'7.03"S	79°15'17.63"W	Campo Abierto	(-90)	P068	M14
2°20'19.43"S	79°23'59.36"W	Entrada El Triunfo	(-80)	P404	M15
2°27'40.64"S	79° 7'8.87"W	Campo Abierto	(-75)	P236	M16
2°31'29.40"S	79° 7'39.32"W	Campo Abierto	(-65)(65)	P232-P236	M17
2°31'17.84"S	79° 8'16.82"W	Campo Abierto	(-66)(64)	P232-P236	M18
2°27'45.15"S	79° 5'31.08"W	Campo Abierto	(-88)(-80)	P236-P064	M19
2°27'30.65"S	79° 5'31.39"W	Campo Abierto	(-88)(-87)	P232-P236	M20
2°27'24.23"S	79° 5'37.09"W	Campo Abierto	(-77)	P236	M21

Tabla A- 5: Puntos Mesaloma.

GUALLETURO					
Coordenadas		Localidad	Potencia	ID Sector	Identificador
Latitud	Longitud				
2°27'43.57"S	79° 0'22.51"W	Campo Abierto	(-90)	P232	G1
2°27'36.73"S	79° 0'15.18"W	Zhud	(-94)(-92)	P068-P232	G2
2°28'4.32"S	79° 4'44.69"W	Gasolinera Petrocomercial	(-85)	P232	G3
2°28'31.93"S	79° 5'10.20"W	Campo Abierto	(-80)	P232	G4
2°28'0.81"S	79° 6'18.74"W	Campo Abierto	(-88)	P064	G5
2°27'42.06"S	79° 6'49.15"W	Ducur	(-93)	P064	G6
2°27'19.15"S	79° 8'47.95"W	Campo Abierto	(-99)	P064	G7
2°27'30.67"S	79° 9'24.26"W	Campo Abierto	(-97)	P064	G8
2°28'26.30"S	79°11'7.03"W	Campo Abierto	(-100)	P064	G9
2°28'31.19"S	79°11'21.38"W	UPC Javin	(-98)	P400	G10
2°20'2.23"S	79°23'53.61"W	El Triunfo	(-79)	P400	G11
2°27'34.95"S	79° 0'14.03"W	Zhud, Salida norte	(-88)(-90)	P232	G12
2°27'40.21"S	79° 6'51.69"W	Ducur	(-80)(-88)	P064	G13
2°27'43.21"S	79° 7'9.53"W	Campo Abierto	(-61)	P064	G14
2°27'59.89"S	79° 7'0.74"W	Campo Abierto	(-95)	P064	G15
2°28'4.45"S	79° 7'8.71"W	Campo Abierto	(-80)	P064	G16
2°28'16.64"S	79° 7'0.24"W	Campo Abierto	(-75)	P064	G17
2°28'56.46"S	79° 6'24.87"W	Campo Abierto	(-68)	P232	G18
2°29'12.79"S	79° 6'17.92"W	Campo Abierto	(-70)	P232	G19
2°29'20.00"S	79° 6'14.02"W	Gulapan	(-63)	P232	G20
2°29'43.95"S	79° 5'44.51"W	Campo Abierto	(-75)	P232	G21
2°29'59.07"S	79° 5'16.52"W	Campo Abierto	(-95)	P232	G22
2°30'6.94"S	79° 5'36.92"W	Campo Abierto	(-94)	P232	G23
2°30'9.15"S	79° 5'57.29"W	Zona poblada	(-87)(-92)	P232	G24
2°30'20.29"S	79° 6'7.37"W	Zhurun	(-90)	P232	G25
2°30'32.98"S	79° 6'37.49"W	Campo Abierto	(-65)(-67)	P416-P232	G26
2°30'48.83"S	79° 6'48.16"W	Campo Abierto	(-67)	P232	G27
2°30'52.61"S	79° 6'53.27"W	Luladel	(-69)	P232	G28
2°31'11.92"S	79° 7'16.01"W	Campo Abierto	(-63)	P232	G29
2°31'29.40"S	79° 7'39.32"W	Campo Abierto	(-65)(65)	P232-P236	G30
2°31'28.37"S	79° 7'59.72"W	Gualleturo	(-54)	P232	G31
2°31'17.84"S	79° 8'16.82"W	Campo Abierto	(-66)(64)	P232-P236	G32
2°31'12.64"S	79° 8'17.51"W	Campo Abierto	(-53)	P232	G33
2°31'2.35"S	79° 8'17.86"W	Campo Abierto	(-53)	P400	G34
2°27'39.76"S	79° 5'28.36"W	Campo Abierto	(-84)	P232	G35
2°27'30.65"S	79° 5'31.39"W	Campo Abierto	(-88)(-87)	P232-P236	G36

Tabla A- 6 Puntos Gualleturo.

LA TRONCAL					
Coordenadas		Localidad	Potencia	ID Sector	Identificador
Latitud	Longitud				
2°27'42.11"S	79° 5'50.30"W	Campo Abierto	(-80)	P244	T1
2°27'44.86"S	79°10'0.25"W	Campo Abierto	(-88)	P076	T2
2°28'20.60"S	79°10'53.37"W	Javin	(-100)	P076	T3
2°29'37.02"S	79°12'52.08"W	Campo Abierto	(-99)	P076	T4
2°29'8.63"S	79°14'38.75"W	Campo Abierto	(-90)	P076	T5
2°29'11.29"S	79°16'26.02"W	Campo Abierto	(-80)	P076	T6
2°29'32.84"S	79°17'32.20"W	Campo Abierto	(-80)	P076	T7
2°27'52.01"S	79°16'21.82"W	Zona Poblada	(-88)	P076	T8
2°28'3.93"S	79°16'54.97"W	Cochancay	(-90)	P076	T9
2°24'43.45"S	79°21'10.88"W	Salida La Troncal	(-70)	P412	T10
2°21'17.97"S	79°23'57.86"W	Manuel J. Calle	(-85)	P412	T11
2°24'16.44"S	79°21'35.83"W	Campo Abierto	(-74)	P412	T12
2°27'6.61"S	79°22'28.53"W	La Puntilla	(-86)	P244	T13

Tabla A- 7 Puntos La Troncal

BTS Externas					
Coordenadas		Localidad	Potencia	BTS	Identificador
Latitud	Longitud				
2°43'25.75"S	78°48'26.65"W	Atrás de Abuga	(-82)(-75)(-75)	P028-P240-P256	E1
2°43'21.84"S	78°48'0.63"W	Campo Abierto	(-90)	P028-P380	E2
2°42'48.79"S	78°48'3.56"W	Campo Abierto	(-85)	P084-P028	E3
2°41'37.20"S	78°47'7.57"W	Campo Abierto	(-84)(-84)(-84)	P380-P084-P028	E4
2°29'32.20"S	79°13'25.45"W	Campo Abierto	(-90)	P056	E5
2°29'35.56"S	79°13'47.40"W	Campo Abierto	(-96)	P008	E6
2°29'24.72"S	79°16'58.56"W	Campo Abierto	(-83)	P008	E7
2°22'54.76"S	79°22'50.24"W	Pancho Negro	(-80)(-90)	P344	E8
2°27'25.01"S	79°23'45.94"W	Campo Abierto	(-80)	P344	E9
2°30'19.82"S	79°29'33.40"W	Campo Abierto	(-70)(-90)	P344	E10
2°25'29.81"S	79° 0'18.39"W	Campo Abierto	(-90)	P116	E11
2°25'1.35"S	79° 0'1.44"W	Campo Abierto	(-100)	P380	E12
2°24'30.34"S	79° 0'16.48"W	Entrada Gral. Morales	(-70)	P380	E13
2°23'57.19"S	78°59'39.16"W	Zhical	(-85)	P024	E14
2°23'46.66"S	78°59'30.95"W	Limite Chimborazo	(-81)	P380	E15
2°23'54.37"S	78°59'0.06"W	Chocar	(-70)	P380	E16
2°23'32.05"S	78°58'8.30"W	Camino a Solano	(-83)	P380	E17
2°24'1.95"S	78°58'11.37"W	Camino a Solano	(-70)	P380	E18
2°48'2.55"S	78°56'41.63"W	Campo Abierto	(-80)	P004	E19
2°48'4.45"S	78°56'42.68"W	Campo Abierto	(-80)	P004	E20
2°42'53.15"S	78°48'0.44"W	Campo Abierto	(-80)(-93)	P028	E21
2°42'26.97"S	78°47'56.06"W	Chanin	(-70)	P028	E22
2°41'7.86"S	78°46'42.96"W	Campo Abierto	(-80)	P028	E23
2°40'14.37"S	78°45'32.43"W	Campo Abierto	(-89)	P028	E24
2°39'3.53"S	78°46'22.38"W	Campo Abierto	(-78)(-80)(-79)	P084-P256-P028	E25
2°40'13.09"S	78°47'32.60"W	Campo Abierto	(-90)	P384	E26
2°40'15.86"S	78°47'44.24"W	Campo Abierto	(-90)	P384	E27
2°25'48.48"S	79° 0'48.31"W	Campo Abierto	(-87)	P380	E28
2°25'15.01"S	79° 0'53.99"W	Campo Abierto	(-84)	P380	E29
2°24'52.09"S	79° 1'4.37"W	Gral. Morales	(-75)	P380	E30
2°24'55.28"S	79° 1'34.42"W	Campo Abierto	(-70)(-80)	P380	E31
2°24'25.83"S	79° 1'25.02"W	Campo abierto	(-70)(-80)	P380	E32

2°40'24.89"S	78°45'2.96"W	Pindilig Centro	(-88)	P192	E33
2°37'45.00"S	78°40'4.95"W	San Pedro-Pindilig	(-88)	P192	E34
2°34'37.81"S	78°39'9.41"W	Rivera Centro	(-75)(-75)	P360-P192	E35
2°40'26.15"S	78°44'58.59"W	Campo Abierto	(-96)	P192	E36
2°40'12.35"S	78°44'33.89"W	Campo Abierto	(-70)	P192	E37
2°39'0.56"S	78°42'58.72"W	Campo Abierto	(-88)	P192	E38
2°38'31.31"S	78°41'58.47"W	Campo Abierto	(-100)	P192	E39
2°38'26.56"S	78°41'47.86"W	Campo Abierto	(-88)	P192	E40
2°38'25.21"S	78°41'28.51"W	Taday	(-98)	P192	E41
2°37'20.23"S	78°41'11.08"W	Campo Abierto	(-97)	P192	E42
2°35'46.22"S	78°42'37.87"W	Dudas San Antonio	(-97)	P192	E43
2°35'47.47"S	78°43'8.11"W	Campo Abierto	(-104)	P192	E44
2°35'46.29"S	78°44'39.08"W	Campo Abierto	(-100)	P192	E45
2°36'14.23"S	78°45'40.02"W	Campo Abierto	(-100)	P192	E46
2°35'55.22"S	78°46'7.98"W	Campo Abierto	(-100)	P192	E47
2°36'8.11"S	78°46'18.95"W	Entrada a Queseras	(-100)	P192	E48
2°36'15.43"S	78°46'21.73"W	Entrada a Queseras	(-100)	P192	E49
2°20'33.00"S	79°18'9.02"O	Piedrero	(-93)	P344	E50
2°20'35.00"S	79°17'14.01"O	Piedrero	(-88)	P008-P344	E51
2°19'20.00"S	79°12'16.00"O	Dos Bocas	(-90)(-100)	P204	E52
2°20'18.00"S	79°15'38.01"O	Campo Abierto	(-80)	P344	E53
2°14'43.75"S	79° 7'47.47"O	Ventura	(-95)(-98)(-100)	P024-P192	E54
2°19'20.00"S	79°11'49.99"O	Dos Bocas	(-90)(-95)(-87)	P220-P024	E55

Tabla A- 8 Puntos BTS Externas.

ANEXO 3

La presente tabla ayuda en el cálculo referido en la sección 4.3. Esta tabla presenta la relación entre la probabilidad de bloqueo, el número de troncales, y el tráfico ofrecido en Erlangs.

Offered traffic flow A in erlang											
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9811	7.1155	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096	26
27	17.153	17.387	17.601	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755	27
28	17.977	18.218	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074	29
30	19.637	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	33.840	47.735	30
31	20.473	20.734	20.972	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395	31
32	21.312	21.580	21.823	22.048	23.725	24.914	26.746	30.237	36.295	51.056	32
33	22.155	22.429	22.678	22.909	24.626	25.844	27.721	31.301	37.524	52.718	33
34	23.001	23.281	23.536	23.772	25.529	26.776	28.698	32.367	38.754	54.379	34
35	23.849	24.136	24.397	24.638	26.435	27.711	29.677	33.434	39.985	56.041	35
36	24.701	24.994	25.261	25.507	27.343	28.647	30.657	34.503	41.216	57.703	36
37	25.556	25.854	26.127	26.378	28.254	29.585	31.640	35.572	42.448	59.365	37
38	26.413	26.718	26.996	27.252	29.166	30.526	32.624	36.643	43.680	61.028	38
39	27.272	27.583	27.867	28.129	30.081	31.468	33.609	37.715	44.913	62.690	39
40	28.134	28.451	28.741	29.007	30.997	32.412	34.596	38.787	46.147	64.353	40
41	28.999	29.322	29.616	29.888	31.916	33.357	35.584	39.861	47.381	66.016	41
42	29.866	30.194	30.494	30.771	32.836	34.305	36.574	40.936	48.616	67.679	42
43	30.734	31.069	31.374	31.656	33.758	35.253	37.565	42.011	49.851	69.342	43
44	31.605	31.946	32.256	32.543	34.682	36.203	38.557	43.088	51.086	71.006	44
45	32.478	32.824	33.140	33.432	35.607	37.155	39.550	44.165	52.322	72.669	45
46	33.353	33.705	34.026	34.322	36.534	38.108	40.545	45.243	53.559	74.333	46
47	34.230	34.587	34.913	35.215	37.462	39.062	41.540	46.322	54.796	75.997	47
48	35.108	35.471	35.803	36.109	38.392	40.018	42.537	47.401	56.033	77.660	48
49	35.988	36.357	36.694	37.004	39.323	40.975	43.534	48.481	57.270	79.324	49
50	36.870	37.245	37.586	37.901	40.255	41.933	44.533	49.562	58.508	80.988	50
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	51
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	

Tabla A- 9: Erlang B

ANEXO 4

Se detalla a continuación los datos graficados en la sección 4.6, estos datos fueron tomados en una semana cualquiera entre los últimos meses. Sin incluir ningún día festivo.

Tráfico transportado por sector y portador Sr. Pungo (ERL)						
Día	Sector-X-Carrier-10	Sector-Y-Carrier-10	Sector-Z-Carrier-10	Sector-X-Carrier-11	Sector-Y-Carrier-11	Sector-Z-Carrier-11
Lunes	10.009	18.305	7.608	16.523	24.587	1.796
Martes	9.98	19.414	6.615	21.351	24.346	2.619
Miércoles	10.155	21.088	4.842	18.984	22.937	3.355
Jueves	7.626	16.684	5.241	18.042	26.675	4.919
Viernes	8.156	18.25	6.822	17.379	28.004	2.755
Sábado	8.489	21.77	4.589	15.483	26.611	4.101
Domingo	7.969	12.663	7.334	17.934	27.135	2.97

Tabla A- 10 Tráfico por sector y portador Sr. Pungo

Tráfico transportado por sector y portador Buerán (ERL)						
Día	Sector X - Carrier 10	Sector Y - Carrier 10	Sector Z - carrier 10	Sector X - Carrier 11	Sector Y - carrier 11	Sector Z - Carrier 11
Lunes	8.988	8.725	7.798	6.269	11.433	7.496
Martes	7.059	8.832	5.486	5.171	13.943	9.837
Miércoles	5.196	9.558	5.729	7.497	12.893	8.481
Jueves	8.366	10.788	7.815	8.569	13.273	6.978
Viernes	8.917	11.221	9.76	9.732	14.102	11.252
Sábado	6.194	9.066	4.708	8.155	12.794	9.184
Domingo	6.558	8.714	7.465	6.989	12.555	8.833

Tabla A- 11 Tráfico por sector y portador Buerán

Tráfico transportado por Sector y Portador La Troncal (ERL)						
Día	Sector X - Carrier 10	Sector Y - Carrier 10	Sector Z - carrier 10	Sector X - Carrier 11	Sector Y - carrier 11	Sector Z - Carrier 11
Lunes	5.688	2	1.711	9.73	2.147	1.669
Martes	6.238	1.417	0.979	8.786	2.599	2.242
Miércoles	7.047	1.231	1.633	9.72	2.794	1.572
Jueves	6.373	1.579	1.513	7.125	2.568	2.217
Viernes	6.272	2.255	0.97	10.121	2.955	1.868
Sábado	6.002	2.022	1.167	9.286	2.096	1.146
Domingo	7.02	1.301	1.323	10.528	2.724	1.423

Tabla A- 12 Tráfico por sector y portador La Troncal

Tráfico transportado por sector y portador Carshao (ERL)			
Día	Sector X - Carrier 10	Sector Y - carrier 10	Sector Z - carrier 10
Lunes	1.147	6.381	6.948
Martes	1.022	6.671	7.913
Miércoles	0.984	6.598	7.395
Jueves	0.759	6.49	7.23
Viernes	0.681	7.205	7.583
Sábado	1.257	5.273	5.714
Domingo	1.417	8.754	11.052

Tabla A- 13 Tráfico por sector y portador La Troncal

Tráfico transportado por sector y portador San Nicolás (ERL)			
Día	Sector X - Carrier 10	Sector Y - carrier 10	Sector Z - carrier 10
Lunes	5.449	5.738	9.057
Martes	4.31	5.275	9.589
Miércoles	7.878	5.778	10.753
Jueves	4.276	9.005	8.25
Viernes	6.215	7.591	6.699
Sábado	5.571	7.124	6.731
Domingo	7.004	7.278	7.722

Tabla A- 14 Tráfico por sector y portador San Nicolás.

Tráfico transportado por sector y portador Mesaloma (ERL)			
Día	Sector X - Carrier 10	Sector Y - carrier 10	Sector Z - carrier 10
Lunes	3.025	6.726	1.125
Martes	2.037	4.565	1.333
Miércoles	3.113	4.781	1.305
Jueves	2.242	5.809	1.929
Viernes	3.558	7.366	1.727
Sábado	1.843	3.989	0.958
Domingo	3.206	6.111	2.121

Tabla A- 15 Tráfico por sector y portador Mesaloma.

Tráfico transportado por sector y portador Gualleturo (ERL)			
Día	Sector X - Carrier 10	Sector Y - Carrier 10	Sector Z - Carrier 10
Lunes	1.212	4.872	0.802
Martes	0.86	6.004	0.625
Miércoles	1.008	6.819	1.032
Jueves	1.238	5.911	0.805
Viernes	1.258	7.837	0.928
Sábado	1.479	4.39	1.326
Domingo	1.15	5.661	0.648

Tabla A- 16 Tráfico por sector y portador Gualleturo.

ANEXO 5

Se detalla a continuación las llamadas realizadas y analizadas en la sección 4.7.

PRUEBAS DE LLAMADAS										
Fecha	Hora	Coordenadas	Bts	Carrier	Potencia	Tipo	Tiempo Estab. (s)	Llamada a:	Duración	Calidad
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	8.35	Convencional en PSTN	3min	Entrecortada
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	8.67	Convencional en PSTN	3min	Buena
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	8.50	Convencional en PSTN	3min	Buena
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	7.37	Convencional en PSTN	3min	Buena
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	11.90	Convencional en PSTN	3min	Entrecortada
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	10.23	Convencional en PSTN	3min	Buena
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	7.80	Convencional en PSTN	3min	Buena
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	6.30	Convencional en PSTN	3min	Buena
16/6/2013	1:00pm	2°42'44.07"S 78°50'5.41"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-75)	Realizada	8.87	Convencional en PSTN	3min	Buena
16/6/2014	1:00pm	2°42'44.07"S 78°50'5.41"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-75)	Realizada	8.90	Convencional en PSTN	3min	Buena
16/6/2015	1:00pm	2°42'44.07"S 78°50'5.41"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-75)	Realizada	9.19	Convencional en PSTN	3min	Entrecortada
16/6/2016	3:30pm	2°40'54.01"S 78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	13.67	Convencional en PSTN	3min	Entrecortada
16/6/2017	3:30pm	2°40'54.01"S 78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	13.42	Convencional en PSTN	3min	Mala, llamada caída.
16/6/2018	3:30pm	2°40'54.01"S 78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	7.90	Convencional en PSTN	3min	Buena
16/6/2019	3:30pm	2°40'54.01"S 78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	13.20	Convencional en PSTN	3min	Mala, llamada caída.
16/6/2020	3:30pm	2°40'54.01"S 78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	9.40	Convencional en PSTN	3min	Buena
23/6/2013	3:00pm	2°43'32.45"S 78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	8.29	Convencional en PSTN	3min	Buena
23/6/2014	3:00pm	2°43'32.45"S 78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	7.48	Convencional en PSTN	3min	Buena
23/6/2015	3:00pm	2°43'32.45"S 78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	8.50	Convencional en PSTN	3min	Buena
23/6/2016	3:00pm	2°43'32.45"S 78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	6.32	Convencional en PSTN	3min	Buena

Tabla A- 17 Pruebas de llamadas Realizadas a Convencional en PSTN.

PRUEBAS DE LLAMADAS										
Fecha	Hora	Coordenadas	Bts	Carrier	Potencia	Tipo	Tiempo Estab. (s)	Llamada a:	Duración	Calidad
23/6/2017	3:00pm	2°43'32.45"S 78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	7.50	Convencional en PSTN	3min	Buena
23/6/2018	3:00pm	2°43'32.45"S 78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	8.25	Convencional en PSTN	3min	Buena
23/6/2019	3:00pm	2°43'32.45"S 78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	8.45	Convencional en PSTN	3min	Buena
23/6/2020	3:00pm	2°43'32.45"S 78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	8.69	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	3:00pm	2°42'43.73"S 78°50'55.21"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-72)	Realizada	9.28	Convencional en PSTN	3min	Entrecortada
7/7/2013	3:00pm	2°42'43.73"S 78°50'55.21"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-72)	Realizada	10.35	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	3:00pm	2°42'43.73"S 78°50'55.21"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-72)	Realizada	12.30	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	3:00pm	2°42'43.73"S 78°50'55.21"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-72)	Realizada	10.15	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	3:30pm	2°44'40.78"S 78°51'25.50"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-70)	Realizada	5.18	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	3:30pm	2°44'40.78"S 78°51'25.50"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-70)	Realizada	6.45	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	3:30pm	2°44'40.78"S 78°51'25.50"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-70)	Realizada	4.82	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	3:30pm	2°44'40.78"S 78°51'25.50"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-70)	Realizada	5.29	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	3:30pm	2°44'40.78"S 78°51'25.50"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-70)	Realizada	6.21	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	4:20pm	2°44'19.91"S 78°51'18.11"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	6.72	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	4:20pm	2°44'19.91"S 78°51'18.11"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	8.01	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	4:50pm	2°44'40.78"S 78°51'25.50"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-79)	Realizada	5.94	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	4:50pm	2°44'40.78"S 78°51'25.50"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-79)	Realizada	6.43	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	4:50pm	2°44'40.78"S 78°51'25.50"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-79)	Realizada	5.30	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	5:30pm	2°44'49.86"S 78°51'53.13"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-86)	Realizada	6.29	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	5:30pm	2°44'49.86"S 78°51'53.13"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-86)	Realizada	7.80	Convencional en PSTN	3min	Buena

Tabla A- 18 Pruebas de llamadas Realizadas a Convencional en PSTN.

PRUEBAS DE LLAMADAS										
Fecha	Hora	Coordenadas	Bts	Carrier	Potencia	Tipo	Tiempo Estab. (s)	Llamada a:	Duración	Calidad
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	9.10	Call Center (100)	3min	Buena
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	9.74	Call Center (100)	3min	Buena
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	8.48	Call Center (100)	3min	Buena
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	9.40	Call Center (100)	3min	Buena
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	10.41	Call Center (100)	3min	Buena
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	8.10	Call Center (100)	3min	Buena
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	13.57	Call Center (100)	3min	Entrecortada
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	7.30	Call Center (100)	3min	Buena
16/6/2013	1:00pm	2°42'44.07"S 78°50'5.41"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-75)	Realizada	11.14	Call Center (100)	3min	Buena
16/6/2014	1:00pm	2°42'44.07"S 78°50'5.41"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-75)	Realizada	13.24	Call Center (100)	3min	Entrecortada
16/6/2015	1:00pm	2°42'44.07"S 78°50'5.41"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-75)	Realizada	10.20	Call Center (100)	3min	Entrecortada
16/6/2016	1:00pm	2°42'44.07"S 78°50'5.41"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-75)	Realizada	10.95	Call Center (100)	3min	Entrecortada
16/6/2017	1:00pm	2°42'44.07"S 78°50'5.41"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-75)	Realizada	10.30	Call Center (100)	3min	Buena
16/6/2018	1:00pm	2°42'44.07"S 78°50'5.41"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-75)	Realizada	12.58	Call Center (100)	3min	Buena
16/6/2019	1:00pm	2°42'44.07"S 78°50'5.41"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-75)	Realizada	12.45	Call Center (100)	3min	Buena
16/6/2020	3:30pm	2°40'54.01"S 78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	12.10	Call Center (100)	3min	Buena
16/6/2021	3:30pm	2°40'54.01"S 78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	10.28	Call Center (100)	3min	Buena
16/6/2022	3:30pm	2°40'54.01"S 78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	9.81	Call Center (100)	3min	Buena
16/6/2023	3:30pm	2°40'54.01"S 78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	9.53	Call Center (100)	3min	Buena
16/6/2024	3:30pm	2°40'54.01"S 78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	9.19	Call Center (100)	3min	Buena

Tabla A- 19 Pruebas de llamadas Realizadas al Call Center (100).

PRUEBAS DE LLAMADAS										
Fecha	Hora	Coordenadas	Bts	Carrier	Potencia	Tipo	Tiempo Estab. (s)	Llamada a:	Duración	Calidad
16/6/2025	3:30pm	2°40'54.01"S 78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	11.28	Call Center (100)	3min	Buena
16/6/2026	3:30pm	2°40'54.01"S 78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	7.65	Call Center (100)	3min	Buena
16/6/2027	3:30pm	2°40'54.01"S 78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	7.38	Call Center (100)	3min	Mala
16/6/2028	3:30pm	2°40'54.01"S 78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	12.61	Call Center (100)	3min	Entrecortada
16/6/2029	3:30pm	2°40'54.01"S 78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	11.83	Call Center (100)	3min	Entrecortada
23/6/2013	3:00pm	2°43'32.45"S 78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	9.01	Call Center (100)	3min	Buena
23/6/2014	3:00pm	2°43'32.45"S 78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	12.58	Call Center (100)	3min	Entrecortada
23/6/2015	3:00pm	2°43'32.45"S 78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	8.55	Call Center (100)	3min	Buena
23/6/2016	3:00pm	2°43'32.45"S 78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	8.92	Call Center (100)	3min	Buena
23/6/2017	3:00pm	2°43'32.45"S 78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	9.00	Call Center (100)	3min	Buena
23/6/2018	3:00pm	2°43'32.45"S 78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	9.51	Call Center (100)	3min	Buena
7/7/2013	3:30pm	2°44'40.78"S 78°51'25.50"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-70)	Realizada	10.61	Call Center (100)	3min	Buena
7/7/2013	3:30pm	2°44'40.78"S 78°51'25.50"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-70)	Realizada	9.27	Call Center (100)	3min	Buena
7/7/2013	4:20pm	2°44'19.91"S 78°51'18.11"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	12.35	Call Center (100)	3min	Buena
7/7/2013	4:50pm	2°44'40.78"S 78°51'25.50"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-79)	Realizada	13.96	Call Center (100)	3min	Buena
7/7/2013	5:30pm	2°44'49.86"S 78°51'53.13"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-86)	Realizada	6.90	Call Center (100)	3min	Buena
7/7/2013	5:30pm	2°44'49.86"S 78°51'53.13"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-86)	Realizada	7.25	Call Center (100)	3min	Buena
7/7/2013	5:30pm	2°44'49.86"S 78°51'53.13"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-86)	Realizada	6.31	Call Center (100)	3min	Buena
7/7/2013	5:30pm	2°44'49.86"S 78°51'53.13"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-86)	Realizada	7.42	Call Center (100)	3min	Buena
7/7/2013	5:30pm	2°44'49.86"S 78°51'53.13"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-86)	Realizada	9.45	Call Center (100)	3min	Buena

Tabla A- 20 Pruebas de llamadas Realizadas al Call Center (100).

PRUEBAS DE LLAMADAS											
Fecha	Hora	Coordenadas		Bts	Carrier	Potencia	Tipo	Tiempo Estab. (s)	Llamada a:	Duración	Calidad
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S	78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	7.68	CDMA	3min	Buena
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S	78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	9.45	CDMA	3min	Buena
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S	78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	10.48	CDMA	3min	Entrecortada
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S	78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Realizada	9.43	CDMA	3min	Entrecortada
16/6/2013	3:30pm	2°40'54.01"S	78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	9.07	CDMA	3min	Buena
16/6/2014	3:30pm	2°40'54.01"S	78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	8.49	CDMA	3min	Buena
16/6/2015	3:30pm	2°40'54.01"S	78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	7.38	CDMA	3min	Buena
16/6/2016	3:30pm	2°40'54.01"S	78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	8.40	CDMA	3min	Buena
16/6/2017	3:30pm	2°40'54.01"S	78°49'20.06"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-96)	Realizada	7.62	CDMA	3min	Buena
23/6/2013	3:00pm	2°43'32.45"S	78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	9.05	CDMA	3min	Buena
23/6/2013	3:00pm	2°43'32.45"S	78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	11.22	CDMA	3min	Buena
23/6/2014	3:00pm	2°43'32.45"S	78°48'53.00"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Realizada	10.23	CDMA	3min	Buena
7/7/2013	4:50pm	2°44'40.78"S	78°51'25.50"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-79)	Realizada	6.26	CDMA	3min	Buena
7/7/2013	4:50pm	2°44'40.78"S	78°51'25.50"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-79)	Realizada	8.32	CDMA	3min	Entrecortada
7/7/2013	4:50pm	2°44'40.78"S	78°51'25.50"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-79)	Realizada	8.51	CDMA	3min	Buena
7/7/2013	4:50pm	2°44'40.78"S	78°51'25.50"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-79)	Realizada	6.27	CDMA	3min	Buena
7/7/2013	4:50pm	2°44'40.78"S	78°51'25.50"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-79)	Realizada	7.01	CDMA	3min	Buena
7/7/2013	5:30pm	2°44'49.86"S	78°51'53.13"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-86)	Realizada	9.60	CDMA	3min	Buena
7/7/2013	5:30pm	2°44'49.86"S	78°51'53.13"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-86)	Realizada	12.45	CDMA	3min	Buena
7/7/2013	5:30pm	2°44'49.86"S	78°51'53.13"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-86)	Realizada	9.93	CDMA	3min	Buena

Tabla A- 21 Pruebas de llamadas Realizadas a CDMA.

PRUEBAS DE LLAMADAS										
Fecha	Hora	Coordenadas	Bts	Carrier	Potencia	Tipo	Tiempo Estab. (s)	Llamada de:	Duración	Calidad
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Recibida	-	Convencional en PSTN	3min	Buena
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Recibida	-	Convencional en PSTN	3min	Buena
9/6/2013	2:00pm	2°41'23.17"S 78°50'18.18"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-87)	Recibida	1.25	Convencional en PSTN	3min	Buena
16/6/2013	1:00pm	2°42'44.07"S 78°50'5.41"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-75)	Recibida	2.01	Convencional en PSTN	3min	Buena
16/6/2014	1:00pm	2°42'44.07"S 78°50'5.41"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-75)	Recibida	1.30	Convencional en PSTN	3min	Buena
16/6/2015	1:00pm	2°42'44.07"S 78°50'5.41"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-75)	Recibida	0.95	Convencional en PSTN	3min	Buena
16/6/2016	1:00pm	2°42'44.07"S 78°50'5.41"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-75)	Recibida	-	Convencional en PSTN	3min	Buena
16/6/2017	1:00pm	2°42'44.07"S 78°50'5.41"W	P256(Sr. Pungo)	C260	(-75)	Recibida	1.12	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	3:00pm	2°42'43.73"S 78°50'55.21"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-72)	Recibida	-	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	4:20pm	2°44'19.91"S 78°51'18.11"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Recibida	-	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	4:20pm	2°44'19.91"S 78°51'18.11"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Recibida	-	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	4:20pm	2°44'19.91"S 78°51'18.11"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Recibida	-	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	4:20pm	2°44'19.91"S 78°51'18.11"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Recibida	-	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	4:20pm	2°44'19.91"S 78°51'18.11"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Recibida	-	Convencional en PSTN	3min	Buena
7/7/2013	4:20pm	2°44'19.91"S 78°51'18.11"W	P256(Sr. Pungo)	C210	(-75)	Recibida	-	Convencional en PSTN	3min	Buena

Tabla A- 22 Pruebas de llamadas Recibidas de Convencional en PSTN.